



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM MODELAGEM EM CIÊNCIAS DA TERRA E DO AMBIENTE – PPGM**



**MÉDIO CURSO DA BACIA DO RIO JACUÍPE, BAHIA:
PROPOSTA METODOLÓGICA PARA ESTIMATIVA DE
SUSCEPTIBILIDADE À DEGRADAÇÃO AMBIENTAL**

ORIANA ARAUJO DA SILVA

**FEIRA DE SANTANA – BAHIA
ABRIL DE 2010**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM MODELAGEM EM CIÊNCIAS DA TERRA E DO AMBIENTE – PPGM**



PPGM

**MÉDIO CURSO DA BACIA DO RIO JACUÍPE, BAHIA:
PROPOSTA METODOLÓGICA PARA ESTIMATIVA DE
SUSCEPTIBILIDADE À DEGRADAÇÃO AMBIENTAL**

ORIANA ARAUJO DA SILVA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Terra e do Ambiente, para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientadora: Dr^a. Joselisa Maria Chaves
Co-Orientador: Dr. Washington de Jesus Sant'anna da Franca Rocha

**FEIRA DE SANTANA – BAHIA
ABRIL DE 2010**

ORIANA ARAUJO DA SILVA

**MÉDIO CURSO DA BACIA DO RIO JACUÍPE, BAHIA:
PROPOSTA METODOLÓGICA PARA ESTIMATIVA DE
SUSCEPTIBILIDADE À DEGRADAÇÃO AMBIENTAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Terra e do Ambiente, para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Data de aprovação: 30 de abril de 2010

BANCA EXAMINADORA:

Dr^a. Joselisa Maria Chaves (UEFS) – Orientadora

Dr^a. Adriana Chatack Carmelo (UnB/ IG) – Examinadora externa

Dr. Edson Eyji Sano (EMBRAPA) – Examinador externo

Autorizo a divulgação total ou parcial desse trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha Catalográfica – Biblioteca Central Julieta Carteado

Silva, Oriana Araújo da
S581m Médio curso da bacia do rio Jacuípe, Bahia: proposta metodológica para estimativa de susceptibilidade à degradação ambiental. / Oriana Araújo da Silva. – Feira de Santana, Ba, 2010.
172 f. : il.

Orientadora: Joselisa Maria Chaves

Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Meio Ambiente. Universidade Estadual de Feira de Santana, 2010.

1. Rio Jacuípe – Degradação ambiental. 2. Semi-árido brasileiro – Degradação. 3. Geotecnologias. – Fuzzy. 4. Modelagem ambiental. I. Chaves, Joselisa Maria. II. Universidade Estadual de Feira de Santana. III. Título.

CDU: 911.2 + 504 (282.2)

“Viver é afinar o instrumento/ De dentro pra fora/ De
fora pra dentro/ A toda hora, todo momento.” (*Walter
Franco*)

Para Rebeca e Raquel... Amores eternos! E...

Para todos os Amigos que me ajudaram a “afinar
o instrumento”; Em especial para os que “regeram a
orquestra” a toda hora, a todo momento: minha Mãe, vó
Talmira (*in memoriam*), Irmão, tia Nalva e Ângelo.

AGRADECIMENTOS

Um sentimento de forte gratidão à família UEFS, que faz parte da minha vida há dez anos e que me ajuda a ser melhor;

À FAPESB, por ter concedido a bolsa de estudos, que possibilitou o desvinculamento de parte das atividades de docência, para dedicação à pesquisa.

Agradeço e desejo ‘toda a sorte que houver nessa vida’, para os incansáveis amigos Juciane e Tiago, que sempre nos atenderam em mais aspectos do que lhes era esperado.

Aos meus amores – Raquel, Rebeca e Ângelo – por terem ajudado a superar os afastamentos e as dificuldades. À Ângelo um agradecimento especial pela incansável ajuda nos trabalhos de campo. À minha mãe - Marialva – pela ajuda tão necessária com as meninas... À Onildo e Núzia, pelo incentivo sempre tão crítico.

À minha orientadora Joselisa M. Chaves, que confiou na possibilidade de realizar esse trabalho.

Ao exemplo que fica como ensinamento para a carreira acadêmica, dos imbatíveis professores Marjorie e Washington – jamais esquecerei as lições de como tornar as coisas possíveis.

Aos colegas de turma/PPGM, pelo companheirismo ‘distante’ – Érika, Fátima, Tavares, Viviane, Patrícia, Claudia, Joseval, Leonardo e Luís.

Aos colegas de ‘nova’ turma/PPGM, pelo carinho – Filipe, Beto, Ângelo Moura, Rogério, Aline, Lúcio, Isabel, Leilton, Daniela, Jeferson, Lílian, Danusa, Liamara.

Um obrigada muito especial à Filipe, Rogério, Lúcio, Danusa, Davi Grilo e Lílian pela ajuda com o banco de dados.

À Rosângela, Janeide e João Henrique pela disponibilidade e carinho de sempre. Aos amigos do DEDU, por compreenderem as dificuldades de ser profissional em processo de formação – um abraço especial ao grupo do EDUGEO.

Aos meus alunos de Geografia e Pedagogia, da UEFS, que durante nosso convívio, acompanharam de perto todas as fases pelas quais passa um mestrando. Vocês fizeram valer a máxima de Paulo Freire: ensinando a gente aprende!!

RESUMO

Atualmente as mudanças impostas às paisagens são mais rápidas e intensas em diversos lugares do planeta, devido principalmente ao surgimento e utilização de novas técnicas e máquinas, transformando-as em paisagens artificiais ou culturais. No médio curso da Bacia Hidrográfica do Rio Jacuípe (BHJ) - área “core” do semi-árido brasileiro - predominam as paisagens artificiais. Tais paisagens são resultantes da mudança de cobertura da terra constatada em pesquisas anteriores, que apontou um forte processo de antropização nesse trecho da bacia, devido à retirada da vegetação original para a implantação de pastagens, ocupação urbana, culturas anuais e permanentes. Os elementos que constituem a configuração territorial atual refletem o processo histórico de ocupação do espaço geográfico discutido nesse trabalho, cujo objetivo geral é identificar os níveis de susceptibilidade à degradação ambiental, a partir da análise integrada de indicadores socioambientais. Devido à magnitude geossistêmica da área de estudo, utilizou-se as geotecnologias, especificamente a interpretação de imagens de satélite e a modelagem espacial de dados, combinados por inferência espacial *fuzzy*. O mapa de cobertura vegetal - natural ou agrícola - produzido por classificação supervisionada da imagem Landsat TM5, de 2008, evidenciou que 74% da área do médio Jacuípe não possui nenhum tipo de cobertura vegetal. Assim, estimou-se a zona de influência das cidades, das estradas e dos rios sobre a cobertura vegetal, a partir de mapas de distância (*buffers*), a fim de definir os graus de pertinência dessas variáveis ao conjunto *fuzzy* de susceptibilidade à degradação ambiental no médio Jacuípe, e foram associados a tipos de solo e graus de declive, além do índice de desenvolvimento humano. Após o teste com diferentes algoritmos concluiu-se que o interpolador *fuzzy* SUM combinou mais fidedignamente as variáveis utilizadas, produzindo o mapa com 5 níveis de susceptibilidade à degradação ambiental: alta, moderadamente alta, intermediária, moderadamente baixa e baixa. Demonstrou-se nesse trabalho que o médio Jacuípe encontra-se seriamente comprometido em termos de susceptibilidade à degradação ambiental, especialmente a área central e os municípios de Riachão do Jacuípe, Pé de Serra, Nova Fátima e Gavião. Já nos municípios de São José e Capela, o que preocupa é o avanço da cobertura vegetal devido à expansão de algarobas. Nos municípios onde a cobertura vegetal predominante é o sisal, as áreas de maior susceptibilidade à degradação ambiental encontram-se próximas às sedes municipais, mas há também áreas sob alto risco, principalmente as que se relacionam à pecuária extensiva.

Palavras-chaves: **Semi-árido; Geotecnologias; Modelagem ambiental; Fuzzy; Algaroba.**

ABSTRACT

Currently the changes imposed to landscapes are faster and more intense in several places of the planet due mainly to the appearing and the use of new techniques and machines which transform them into artificial or cultural landscapes. In the medium course of Jacuípe River Basin (JRB) – core area of Brazilian semi-arid region – artificial landscapes are dominant. Such landscapes are result of land cover changes identified in previous research which registered a strong process of anthropization mainly in the form of native vegetation removal by introduction of pastures and urban occupation well as for annual and perennial crops. The elements which constitute the present territorial configuration reflect the historical process of occupation of the landscape discussed in this work whose general aim is the identification of the levels of susceptibility to environmental degradation with the use of integrated analysis of socio-environmental indicators. Due to the geosystemic magnitude of the study area geotechnology tools – specifically the interpretation of satellite imagery and spatial data modeling combined with fuzzy spatial inference – were used in this work. The vegetation cover map – natural or anthropic – produced through supervised classification of Landsat TM5 image (2008) indicated that 74% of the medium course area of JRB do not have any kind of vegetation cover. Thus, with the use of distance maps (buffers) – in order to define the degrees of pertinence of those variables to the fuzzy set of susceptibility to environmental degradation in the medium course of the basin – the work estimated the influence zone of the cities, the roads, and the rivers on the vegetation cover as well as how they are related to types of soil and degrees of slope. After testing different algorithms, the work concluded that fuzzy interpolator (sum) combined more accurately the variables used. That result produced a map with 5 levels of susceptibility to environmental degradation: high, moderately high, intermediate, moderately low, and low. The work also demonstrated that the medium course of JRB is seriously affected in terms of susceptibility to environmental degradation especially in central area and in the cities of Riachão do Jacuípe, Pé de Serra, Nova Fátima and Gavião. In the towns of São José and Capela, the major concern is the the expansion of the algaroba (*Prosopis juliflora*). In the cities or towns where the predominant vegetation cover is the sisal (*Agave sisalana*), the areas which are more susceptible to environmental degradation are located near the venues of municipalities but there is also areas at high risk mainly those related to intensive cattle-raising.

Keywords: **Brazilian semi-arid region, geotechnologies, environmental modeling, fuzzy, algaroba**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Bacias hidrográficas da Bahia	12
Figura 1.2	Fluxograma metodológico	18
Figura 1.3	Elementos constituintes do sistema natural da Terra	21
Figura 2.1	O médio curso da bacia hidrográfica do rio Jacuípe	34
Figura 2.2	Perfil L-O da bacia hidrográfica do rio Jacuípe	35
Figura 2.3	Visualização em 3D da bacia hidrográfica do rio Jacuípe	36
Figura 2.4	Extração automática de bacias e integração de variáveis para a redefinição do médio curso da BHJ	37
Figura 2.5	Comparação entre os vetores que definem o recorte espacial do trabalho	37
Figura 2.6	Mapa de isoietas. Médio curso da bacia hidrográfica do rio Jacuípe	40
Figura 2.7	Árvores isoladas. Remanescentes de vegetação original	43
Figura 2.8	Aspecto da caatinga sobre solo incipiente	43
Figura 2.9	Aspecto da mata ciliar. Margem esquerda do rio Jacuípe (foto A); margem direita do rio Jacuípe (foto B)	44
Figura 2.10	Eras geológicas das litologias que ocorrem no médio Jacuípe	46
Figura 2.11	Mapa das litologias do médio Jacuípe	47
Figura 2.12	Mapa de solos do médio Jacuípe	49
Figura 2.13	Pastagem degradada - em período seco	51
Figura 2.14	O pediplano sertanejo. Ao fundo, nota-se os inselbergs. Observar o aspecto da pastagem no primeiro plano	52
Figura 2.15	Mapa de Geomorfologia do médio Jacuípe.	53
Figura 2.16	Mapa de Hipsometria do médio Jacuípe	54
Figura 2.17	Inselberg da cidade de Pé de Serra. Destaca-se o tafoni esculpido pela erosão eólica	55
Figura 2.18	Leito seco do rio Jacuípe. Percebe-se o entulhamento do leito e seu alargamento	55
Figura 2.19	Rede hídrica principal do médio Jacuípe	56
Figura 2.20	Imagem da ave Jacu (<i>Penelope superciliaris</i>)	58
Figura 2.21	Caminhos do povoamento na Bahia - século XVII	61
Figura 2.22	Vista aérea de Riachão do Jacuípe (2007)	62
Figura 2.23	População total do médio Jacuípe	63
Figura 2.24	Campo de sisal	64

Figura 2.25	Campo de sisal em processo de abandono	64
Figura 2.26	Médio Jacuípe: Evolução do rebanho bovino, ovino e caprino (1980 a 2006)	64
Figura 2.27	Evolução da área plantada de sisal. Microrregião de Serrinha	67
Figura 2.28	Vista da barragem de São José do Jacuípe	68
Figura 2.29	Vista da barragem de Riachão do Jacuípe	69
Figura 2.30	Dragagem da barragem de Riachão do Jacuípe	69
Figura 2.31	Municípios do médio Jacuípe	71
Figura 2.32	Olarias de Barreiros (distrito de Riachão do Jacuípe)	72
Figura 2.33	Pocilgas às margens do rio Jacuípe. Santo Antônio (distrito de São Domingos)	72
Figura 2.34	Lançamento de esgoto no rio Jacuípe. Cidade: São José do Jacuípe	73
Figura 2.35	São José do Jacuípe: Lixo em área próxima ao rio Jacuípe (A); solo resultante do aterro sanitário abandonado na margem esquerda do rio Jacuípe (B)	74
Figura 2.36	Gavião: Lixo doméstico e aterro em áreas próximas ao rio Jacuípe (superior); plásticos no leito do rio e em detalhe (inferior)	74
Figura 2.37	Riachão do Jacuípe. Depósitos de lixo nas margens do rio Jacuípe	75
Figura 2.38	Banhistas à montante da cidade de São José do Jacuípe (esquerda); bares numa área usada para banho em Riachão do Jacuípe	75
Figura 2.39	Detalhe do material orgânico que é retirado na “limpeza” da propriedade: atividade conhecida como destoca de pastos	77
Figura 3.1	Médio curso da bacia do rio Jacuípe no contexto da bacia do rio Paraguai e da Bahia	88
Figura 3.2	NDVI da imagem Landsat 5 de 2008	106
Figura 3.3	Foto do campo de sisal no município de Retirolândia e sua representação na imagem Landsat 5, imageada em 2008	107
Figura 3.4	Caatinga em período seco. Município de São José do Jacuípe e trecho da imagem Landsat 5, de 2008	108
Figura 3.5	Foto da Caatinga semi caducifólia obtida em 2008. Município de Gavião. E trecho da imagem do Landsat 5, 2008	108
Figura 3.6	Foto da Pastagem no município de Gavião, obtida em 2008 e sua feição	109

	correspondente na imagem Landsat 5, 2008	
Figura 3.7	Olarias e extração de argila às margens dos cursos hídricos. São José do Jacuípe e sua feição espectral no trecho da imagem Landsat 5, imageada em 2008	110
Figura 3.8	Barragem de São José do Jacuípe datada em 2008 e trecho representativo da barragem na imagem do Landsat 5, 2008	110
Figura 3.9	Caatinga em estágio de sucessão	111
Figura 3.10	Caatinga arbustiva	111
Figura 3.11	Caatinga – mata ciliar	111
Figura 3.12	Caatinga arbórea - remanescente	111
Figura 3.13	Foto da cultura do Sisal.	111
Figura 3.14	Foto da cultura da Palma.	111
Figura 3.15	Lavoura temporária em período de plantio	112
Figura 3.16	Algaroba recompondo mata ciliar	112
Figura 3.17	Aspecto das pastagens no médio Jacuípe	113
Figura 3.18	Exemplo de mapa de distâncias (buffer).	115
Figura 3.19	Mapa de cobertura (natural e agrícola) do médio Jacuípe	119
Figura 3.20	Percentual de cobertura vegetal (natural e agrícola) do médio Jacuípe	120
Figura 3.21	Comparação da cobertura vegetal dos mapas de distância das sedes do médio Jacuípe. Detalhe: projeção dos buffers na imagem de satélite das cidades de São José e Nova Fátima	122
Figura 3.22	Percentual de cobertura vegetal das cidades do médio Jacuípe até 5km	123
Figura 3.23	Relação entre as distâncias das sedes e a cobertura vegetal no médio Jacuípe	124
Figura 3.24	Percentual de cobertura vegetal natural e agrícola em cada distância das sedes municipais (1km – 5km). A) Nova Fátima. B) Pé de Serra. C) Gavião. D) Riachão. E)Valente. F)Retirolândia. G) São Domingos. H) Capela. I) São José	125
Figura 3.25	Mapa de estradas. médio curso da bacia hidrográfica do rio Jacuípe	130
Figura 3.26	Comparação da cobertura vegetal das estradas do médio Jacuípe (km ²)	131
Figura 3.27	Percentual de cobertura vegetal em relação às distâncias da BR324	132
Figura 3.28	Percentual de cobertura vegetal em relação às distâncias das BAs/BR324	133
Figura 3.29	Percentual de cobertura vegetal em relação às distâncias das estradas	134

	pavimentadas	
Figura 3.30	Percentual de cobertura vegetal em relação às distâncias dos rios Sacraiu e Jacuípe	136
Figura 3.31	Percentual de cobertura vegetal em relação às distâncias do rio Jacuípe	137
Figura 3.32	Percentual de cobertura vegetal em relação às distâncias do rio Sacraiu	138
Figura 3.33	Mapa de evidência <i>fuzzy</i> – sedes	141
Figura 3.34	Mapa de evidência <i>fuzzy</i> – estradas	141
Figura 3.35	Mapa de evidência <i>fuzzy</i> – hidrografia	142
Figura 3.36	Integração dos mapas de evidência <i>fuzzy</i>	143
Figura 3.37	Carta imagem do médio Jacuípe. A) 2008; B)1997; C)1987; D)1980; E) 1973	144
Figura 3.38	Uso agrícola do solo: sisal (A) e pecuária (B)	146
Figura 3.39	Percentual das áreas susceptíveis à degradação ambiental	147
Figura 3.40	Mapa de susceptibilidade à degradação ambiental do médio Jacuípe	148

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1	Parâmetros das imagens de satélite utilizadas.	16
Quadro 2.1	Características gerais do alto, médio e baixo curso da bacia hidrográfica do rio Jacuípe.	38
Quadro 2.2	Ano de emancipação dos municípios do médio Jacuípe.	62
Quadro 3.1	Erro médio resultante da correção geométrica das imagens.	103
Quadro 3.2	Comparação dos parâmetros das imagens do Landsat 3 e do Landsat 5.	105
Quadro 3.3	Correlação entre as bandas do Landsat 3 e do Landsat 5.	105
Quadro 3.4	Graus de pertinências <i>fuzzy</i> – variável cobertura vegetal.	120
Quadro 3.5	Graus de pertinências <i>fuzzy</i> máximo – variável sedes.	123
Quadro 3.6	Graus de pertinências <i>fuzzy</i> – variável sedes por distância.	126
Quadro 3.7	Graus de pertinências <i>fuzzy</i> – variável solos.	127
Quadro 3.8	Graus de pertinências <i>fuzzy</i> – variável declividade.	128
Quadro 3.9	Graus de pertinências <i>fuzzy</i> – variável BR324.	133
Quadro 3.10	Graus de pertinências <i>fuzzy</i> – variável BA/BR não pavimentadas.	133
Quadro 3.11	Graus de pertinências <i>fuzzy</i> – variável BA/BR pavimentadas.	135
Quadro 3.12	Graus de pertinências <i>fuzzy</i> – rio Jacuípe.	137
Quadro 3.13	Graus de pertinências <i>fuzzy</i> – rio Sacraiu.	138
Quadro 3.14	Graus de pertinências <i>fuzzy</i> – IDH.	140

SUMÁRIO

	pg.
CAPÍTULO 1 - Degradação ambiental: o todo, as partes, o tempo	10
1.1 Introdução	11
1.2 O plano, os rumos e os meios para abordar o médio Jacuípe	14
1.3 Bacias hidrográficas – unidades espaciais de análise	21
1.4 Estrutura da dissertação	23
CAPÍTULO 2 - O médio Jacuípe e a degradação ambiental	25
Resumo	26
2.1 Introdução	26
2.2 Materiais e método	27
2.3 Degradação ambiental: reflexo da ruptura homem-natureza	28
2.4 Delimitação da área de estudo: o médio Jacuípe	33
2.5 Caracterização fisiográfica do médio Jacuípe	39
2.6 Contextualização histórica dos processos de ocupação no médio Jacuípe	57
2.7 Aspectos da degradação ambiental no médio Jacuípe	67
2.8 Conclusão	81
CAPÍTULO 3 - Degradação ambiental no médio Jacuípe: do sensoriamento remoto à modelagem espacial	85
Resumo	86
3.1 Introdução	86
3.2 Sensoriamento remoto, modelagem espacial, degradação ambiental: aproximações teóricas	91
3.2.1 O sensoriamento remoto e a modelagem dinâmica aplicados a estudos em bacias hidrográficas e degradação ambiental	91
3.2.2 Modelagem espacial, bacias hidrográficas e degradação ambiental	96
3.3 Caminhos para estimar a susceptibilidade à degradação ambiental no médio Jacuípe	101
3.3.1 Processamento digital de imagens	102
3.3.2 Modelagem de dados espaciais no médio Jacuípe	114
3.3.2.1 - Cobertura vegetal	116
3.3.2.2 - Áreas urbanas	120
3.3.2.3 - Solos e declividade	126
3.3.2.4 – Estradas	129
3.3.2.5 – Hidrografia	135
3.3.2.6 – IDH	139

3.3.2.7 – Integração das variáveis por inferência <i>fuzzy</i>	140
3.4 Resultados e discussão	143
3.4.1 O que indicou o sensoriamento remoto	143
3.4.2 Estimativa da susceptibilidade à degradação ambiental no médio Jacuípe	147
3.5 Conclusão	150
CAPÍTULO 4 - Conclusão	153
4.1 Conclusão	154
4.2 Recomendações	158
REFERÊNCIAS	161

CAPÍTULO 1

DEGRADAÇÃO AMBIENTAL: O TODO, AS PARTES, O TEMPO



Pôr do sol no médio Jacuípe
Foto: SILVA, out de 2009

CAPÍTULO 1 DEGRADAÇÃO AMBIENTAL: O TODO, AS PARTES, O TEMPO

O capítulo introdutório desse trabalho objetiva situar o leitor quanto à relevância da temática pesquisada, justificando sua escolha e indicar o objetivo geral da pesquisa e os objetivos específicos que precisaram ser atingidos para a sua produção. Apresenta os materiais que foram utilizados na pesquisa, explicita a metodologia adotada, bem como o recorte espacial de análise. Além disso, indica como o trabalho está estruturado e o que se pretendeu ao organizá-lo dessa forma.

1.1 INTRODUÇÃO

As mudanças impostas às paisagens são mais rápidas e intensas em diversos lugares do planeta, devido principalmente ao surgimento e utilização de novas técnicas e máquinas, transformando-as em paisagens artificiais ou culturais.

Buscar compreender as principais alterações provocadas no sistema natural, a partir da espacialização de grandes mudanças de cobertura da Terra é fundamental para pensar a situação atual e projetar perspectivas de mudança.

O médio curso da Bacia Hidrográfica do Rio Jacuípe (BHJ) foi o recorte espacial escolhido para a análise da susceptibilidade à degradação ambiental provocada pela mudança de cobertura da Terra. Conforme constatado por Silva (2006), há um forte processo de antropização nesse trecho da bacia, onde a vegetação original está sendo retirada para a implantação de pastagens, ocupação urbana, culturas anuais e perenes.

Observou-se ainda a necessidade de compreender os processos que conduziram ao mosaico espacial então diagnosticado, numa perspectiva histórica, por ser a que mais se adequa à compreensão dos processos sociais e naturais dos quais o contexto atual é um reflexo.

Nesse sentido, convém ainda considerar o que indicaram Araújo *et alii* (2008) ao discutirem a questão da degradação das terras, sobre o fato de que as bacias hidrográficas são importantes unidades para a recuperação de áreas degradadas, uma vez que os danos ambientais que ocorrem na superfície terrestre situam-se, via de regra, em áreas de bacias hidrográficas.

Além disso, o Instituto de Gestão das Águas (INGÁ), na Bahia, utiliza as bacias hidrográficas (**Figura 1.1**) como Unidade Territorial para implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos,

agrupando-as por Regiões de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA's) das quais participam os Comitês de Bacias Hidrográficas do Estado da Bahia (CBH's) (INGÁ, 2010).

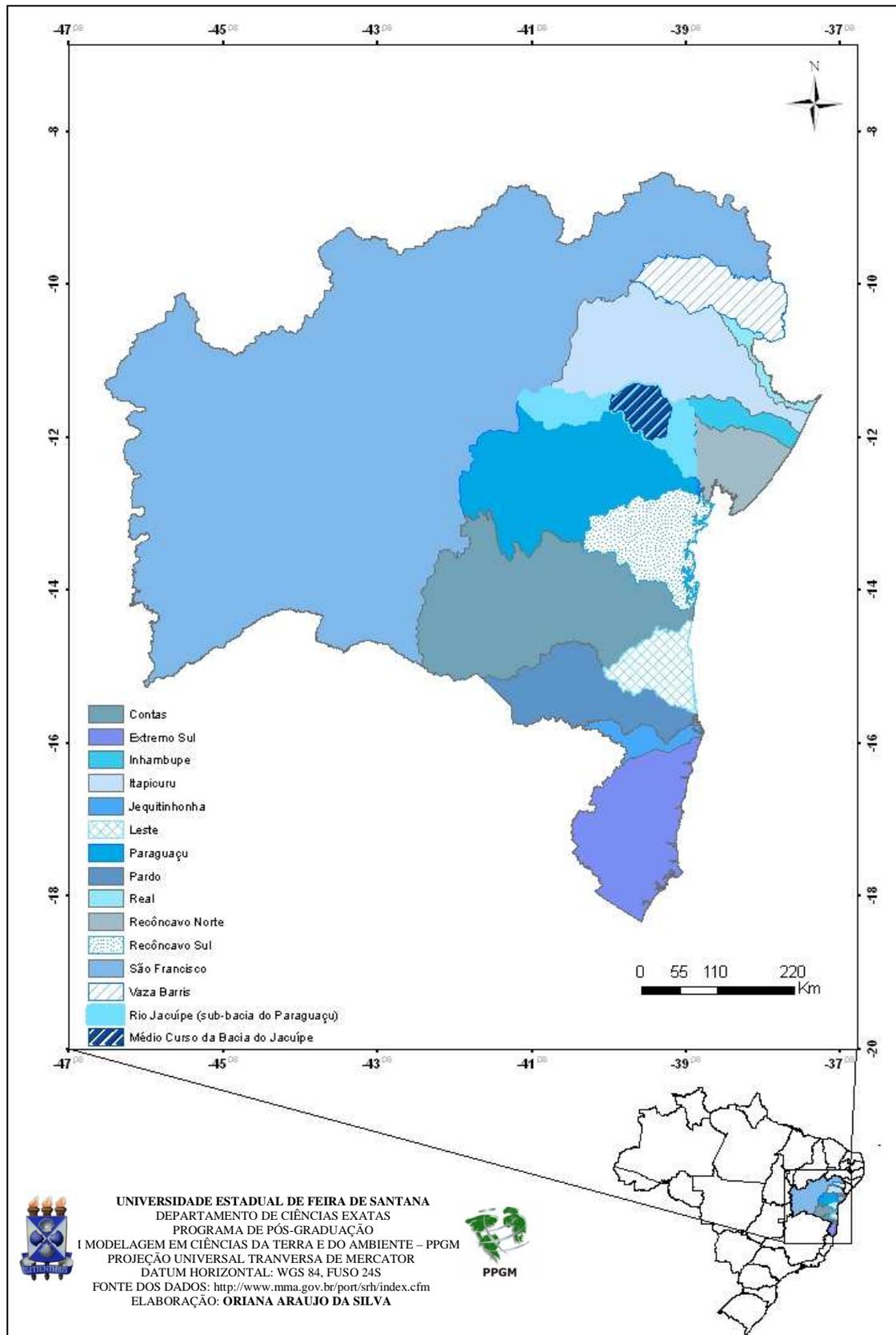


Figura 1.1 – Bacias hidrográficas da Bahia

O médio curso da Bacia do Rio Jacuípe, constitui-se numa área “core” do semi-árido, conforme indicou Ab’Sáber (2003):

(...) entendemos por domínio morfoclimático e fitogeográfico um conjunto espacial de certa ordem de grandeza territorial – de centenas de milhares a milhões de quilômetros quadrados de área - onde haja um esquema coerente de feições de relevo, tipos de solos, formas de vegetação e condições climático-hidrológicas. Tais domínios espaciais, de feições paisagísticas e ecológicas integradas, ocorrem em uma espécie de área principal, de certa dimensão e arranjo, em que as condições fisiográficas e biogeográficas formam um complexo relativamente homogêneo e extensivo. [área *core*]. (AB’SÁBER, 2003, p.12-13)

Assim, estudar os aspectos relacionados ao médio Jacuípe equivale a discutir parte do domínio morfoclimático da caatinga que aí existe justamente por conta da combinação do clima tropical semi-árido, da disponibilidade hídrica, dos refúgios quaternários da caatinga, da pedologia e da geomorfologia.

De acordo com a publicação do Ministério do Meio Ambiente (MMA) organizada por Silva *et alii* (2004), as áreas florestadas de caatinga, sofreram forte desvalorização ao longo da história, devido ao mito de que a caatinga é um bioma pobre, homogêneo e pouco alterado. O autor indicou que:

Esses três mitos podem agora ser considerados superados, pois a Caatinga não é homogênea; é sim extremamente heterogênea e inclui pelo menos uma centena de diferentes tipos de paisagens únicas.

A biota da Caatinga não é pobre em espécies e em endemismos, pois, apesar de ser ainda muito mal conhecida, é mais diversa que qualquer outro bioma no mundo, o qual esteja exposto às mesmas condições de clima e solo. Enfim: a Caatinga não é pouco alterada; está entre os biomas brasileiros mais degradados pelo homem. (SILVA *et alii*, 2004, p. 9)

Dessa forma, a modelagem da susceptibilidade à degradação ambiental no médio Jacuípe será importante para evidenciar os fatores que mais se relacionam à degradação, identificando as áreas sob risco mais iminente, para que se possam avaliar as dinâmicas estabelecidas, a fim de redirecioná-las ou mantê-las, e ainda, para auxiliar no planejamento da sua ocupação.

Sabe-se, contudo, que os processos sociais e naturais são dinâmicos (muito difíceis de serem totalmente apreendidos) ao invés de estáticos (que são mais fáceis de discretizar), de modo que sua complexidade aumenta ao considerar a variável tempo, mas possibilita uma abordagem mais holística e integrada das paisagens, conforme proposto por Bertrand (2004).

A complexidade ambiental, discutida por autores como Leff (2003), fez surgir, no âmbito do Sistema de Informações Geográficas (SIG), o desenvolvimento de modelos espaciais que possibilitam integrar diversas variáveis ambientais e sociais, além dos fenômenos decorrentes de seus processos em termos de espaço e tempo. Além disso, a modelagem espacial permite utilizar métodos de inferência geográfica que lidem com a abstração no que diz respeito à transição entre os elementos, aceitando-se premissas para além de *sim* ou *não*, mas também do *pode ser, em relação a*, dentre outras (BONHAM-CARTER, 1998).

Evidencia-se, portanto, a imensa potencialidade do uso dos modelos espaciais no âmbito dos estudos ambientais, possibilitando o diagnóstico de aspectos atuais a partir da combinação de seus fatores determinantes, de modo a disponibilizar à sociedade elementos para reflexão e bases para o planejamento territorial.

Os resultados dessa pesquisa são fundamentais para embasar a tomada de decisões, por possibilitar a identificação das áreas mais suscetíveis à degradação ambiental, atribuindo-lhes prioridades diferenciadas na elaboração de projetos e na formulação de estratégias que visem à minimização da degradação ambiental na BHJ, a exemplo da delimitação de Unidades de Conservação e áreas de relevante interesse ecológico.

1.2 - O PLANO, OS RUMOS E OS MEIOS PARA ABORDAR O MÉDIO JACUÍPE

O desenvolvimento deste trabalho fundamenta-se na concepção de que o mapeamento é uma atividade basilar para a espacialização dos fenômenos e conseqüentemente para a compreensão do mosaico formado pelos elementos naturais e artificiais que caracterizam o espaço geográfico.

O real é muito complexo, mas ressalta-se que os mapas, enquanto modelos simplificados da realidade (CHORLEY e HAGGETT, 1975), podem auxiliar a tornar mais nítidos os processos que muitas vezes são percebidos no cotidiano, mas não são concebidos espacialmente, a exemplo da degradação ambiental do médio Jacuípe.

Desejou-se responder à seguinte problemática: Qual a susceptibilidade à degradação ambiental no médio Jacuípe, na sua atual configuração sócio-espacial?

Foi necessário considerar outras questões que emergiram ante a esse questionamento:

i) Com os dados disponíveis, é possível estimar as áreas de maior susceptibilidade à degradação ambiental? Considerando-se que seja possível, outra questão se impôs: ii) Como

escolher variáveis e atribuir-lhes pesos coerentes para estimar a susceptibilidade à degradação ambiental, sem direcionar o resultado?

A fim de resolver as questões acima enunciadas, essa pesquisa tem por objetivo geral estimar a susceptibilidade à degradação ambiental no médio Jacuípe, a partir da análise integrada de indicadores naturais e antrópicos. Para isso, devido à magnitude geossistêmica da área de estudo, com escala aproximada de 1:500.000, utilizou-se as geotecnologias, especificamente a interpretação de imagens de satélite e a modelagem espacial de dados.

Dessa forma, buscou-se compreender os processos que provocaram a degradação ambiental, no intuito de auxiliar as políticas públicas para a mitigação dos impactos ambientais, contribuindo para o avanço do conhecimento científico a respeito da área.

Para a obtenção dos resultados esperados nessa pesquisa, efetivaram-se os seguintes objetivos específicos:

- i) Organizar o referencial teórico do trabalho;
- ii) Levantar os dados digitais e analógicos para a organização do banco de dados digitais (imagens Landsat, vetores, cartas topográficas digitais, mapas temáticos digitais);
- iii) Delimitar a subdivisão da BHJ;
- iv) Organizar mapas temáticos existentes de variáveis geoambientais (solo, hidrografia, geologia, clima, geomorfologia e declividade) e sócio-econômicas (zona de influência de estradas, de cidades e índices de desenvolvimento humano);
- v) Elaborar novos mapas a partir de dados fornecidos por órgão oficiais como o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e a SEI (Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia);
- vi) Processar imagens digitais para a elaboração de mapas de cobertura da terra;
- vii) Realizar a modelagem espacial (integração das variáveis/uso de inferência fuzzy);
- viii) Investigar o processo histórico de ocupação da área para explicar as mudanças obtidas na modelagem; e,
- ix) Elaborar do mapa de susceptibilidade à degradação ambiental.

Nesse sentido, a realização desta pesquisa requisitou a utilização dos seguintes materiais:

- i) Cartas topográficas digitais da SEI (1999), em escala 1:100.000: América Dourada (SC-24-Y-C-II), Jacobina (SC-24-Y-C-III), Caldeirão Grande (SC-24-Y-D-I), Gavião (SC-24-Y-D-II), Santa Luz (SC-24-Y-D-III), Morro do Chapéu (SC-24-Y-C-V), Piritiba (SC-24-Y-C-VI), Mundo Novo (SC-24-Y-D-IV), Pintadas (SC-24-Y-D-V), Serrinha (SC-24-Y-D-VI),

Ipirá (SD-24-V-B-II), Santo Estevão (SD-24-V-B-III) e Santo Antônio de Jesus (SD-24-V-B-VI);

ii) Base cartográfica digital da SRH (2003), em escala 1:250.000 e do IBGE¹;

iii) Computadores pessoais e do laboratório de Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente – para o armazenamento e processamento de todos os dados digitais deste trabalho;

iv) *Software*: Envi 4.4 e 4.6 para processamento digital de imagens; ArcMap 9.3– para a digitalização de vetores, elaboração de mapas temáticos e análises espaciais diversas; Excel para a elaboração de gráficos e tabelas; Global Mapper para a geração de modelos 3D e de perfis topográficos;

v) Imagens Landsat MSS1, MSS3 e Landsat TM5, cujos parâmetros estão apontadas no **Quadro 1.1**, adquiridas junto ao INPE, gratuitamente, via pedido *on-line* à Divisão de Gerenciamento de Imagens (DGI)²;

Quadro 1.1 - Parâmetros das imagens de satélite utilizadas.

SENSOR	CENA	DATA	RESOLUÇÃO ESPACIAL
Landsat MSS 1	232/68	25/10/1973	80m
Landsat MSS 3	232/68	23/01/1980	80m
Landsat TM 5	216/68	07/10/1987	30m
Landsat TM 5	216/68	16/09/1997	30m
Landsat TM 5	216/68	03/02/2008	30m

vi) MDT(Modelo Digital do Terreno), com resolução espacial de 90m, disponibilizado pela EMBRAPA³;

vii) Câmera fotográfica digital;

viii) Aparelho GPS (Global Position System);

Os métodos ou técnicas que foram necessárias ao desenvolvimento da pesquisa, sejam referentes à sua etapa de planejamento ou de execução, estão explicitados no fluxograma metodológico (**Figura 1.2**). Pesquisas que se estruturam a partir da integração de muitas

¹ Adquirida através do endereço: <http://siscom.ibama.gov.br/shapes>

² Através do endereço: www.dgi.inpe.com.br

³ Obtidas no endereço: <http://www.relevobr.cnpem.embrapa.br>

variáveis requerem que os dados sejam bem estruturados e organizados, de modo que a organização do banco de dados constituiu-se em etapa basilar nesse trabalho.

O banco de dados geográficos, também chamado de base de dados, destina-se na verdade, a reunir informações espaciais, textuais e gráficas dos elementos estudados, o que possibilita sua localização exata através de um sistema de coordenadas geográficas que admite consultas diversificadas e sobreposição de níveis de informação. Pode-se ainda realizar diferentes operações matemáticas e integração dos dados com objetivos diferenciados, a exemplo da relação entre a densidade populacional de uma área e o percentual de desmatamento.

Para montar o banco de dados geográficos, é necessário que se faça a modelagem de dados, ou seja, é preciso que os fenômenos do real sejam simplificados em modelos que os represente; nesse estudo, os modelos principais são os mapas produzidos através do processamento digital de imagens e da modelagem ambiental. Desta forma, a funcionalidade de um banco de dados condiciona-se à escolha dos elementos ou atributos que lhe constitui, para que possam ser representados, integrados e analisados.

Um banco de dados cujo modelo seja Entidade-Relacionamento, possuirá entidades, atributos e relacionamentos, como descrito por Medeiros e Pires (1998):

Entidades são pessoas, objetos ou funções sobre as quais uma organização quer manter informações (...) numa aplicação geográfica em agricultura, entidades são, por exemplo, Fazenda, Fertilizante e Cultura;

Atributos são as propriedades relacionadas com as entidades. (..) Exemplos de atributos da entidade Fazenda podem ser proprietário e localização.

Relacionamentos descrevem como as entidades se relacionam umas com as outras. Por exemplo: Funcionário <pertence ao> Departamento, Fertilizante <aplicado a> Cultura. (MEDEIROS e PIRES, 1998, p. 34-35)



Figura 1.2 – Fluxograma metodológico.

Devido à característica fundamental de gerenciamento de informações espaciais, o banco de dados desse trabalho reúne as imagens digitais do satélite Landsat 3 e 5, o modelo digital do terreno (MDT), os dados vetoriais que foram utilizados, além de tabelas, figuras e textos.

Nessa pesquisa, as **Entidades** que compõem o banco de dados são as classes definidas durante o processamento das imagens, a exemplo de: vegetação, pastagens, solo exposto, dentre outras; os **Atributos** destas entidades são, por exemplo, as áreas que ocupam, a geomorfologia, a rede de drenagem, a densidade populacional na área, o tipo de atividade econômica da área ou do entorno, dentre outros; já os **Relacionamentos** são as indicações dos níveis de relações entre, por exemplo, o tipo de atividade econômica de uma área e a vegetação existente, que podem indicar as áreas mais pressionadas pelas atividades antrópicas e níveis diversos de degradação ambiental.

Os mapas temáticos foram produzidos, em sua maioria, a partir dos dados digitais disponíveis na base cartográfica digital do IBGE. Além disso, dados fornecidos pelo censo agropecuário do IBGE foram tabulados, demonstrando a evolução da atividade agropecuária nos municípios do médio Jacuípe.

Compreender os processos que conduziram à degradação ambiental no médio Jacuípe, entendida aqui como sinônimo de entropia, seja natural ou provocada pela ação antrópica (da sociedade), demanda a adoção de uma abordagem quantitativa para a compreensão do objeto em estudo, que é passível de medições e classificações matemáticas, realizadas a partir de técnicas próprias das geotecnologias, que resultou em produtos cartográficos, oriundos da modelagem dos dados.

Entretanto, é de fundamental importância a abordagem qualitativa dos dados gerados, para discutir como a degradação do ambiente pode influenciar a dinâmica da BHJ, de seus elementos constituintes e até mesmo na qualidade de vida das pessoas, embora se admita que dada à complexidade das análises ambientais, não se pode exaurir a discussão, mas apontar as principais questões, visando contemplar o máximo de aspectos possíveis.

A partir de análises quanti-qualitativas, fez-se a indicação de áreas que se encontram sob alto risco de degradação ambiental que devem ser consideradas prioritárias em projetos de mitigação de impactos ambientais na bacia do rio Jacuípe; além disso, indicaram-se áreas sob risco mais baixo de ocorrência da degradação ambiental que podem ser pesquisadas para projetos de conservação, desde que se refine o detalhamento do mapeamento da cobertura da terra.

Realizaram-se a modelagem ambiental, a partir do cálculo das áreas com cobertura vegetal de 2008, associada com outros indicadores sócio-ambientais importantes, a exemplo da rede hidrográfica, da acessibilidade (rede de estradas), das áreas urbanas, da declividade, tipos de solo e índice de desenvolvimento humano, associados por inferência *fuzzy*.

Destaca-se ainda a importância do trabalho realizado em campo para o desenvolvimento dessa pesquisa, uma vez que possibilitou o contato imediato com a realidade pesquisada e permitiu a elaboração de um processamento digital de imagens mais seguro, já que a classificação das imagens foi uma etapa fundamental para a compreensão do processo que conduziu aos diferentes níveis de susceptibilidade à degradação ambiental diagnosticados.

As pesquisas de campo, conforme Marconi e Lakatos (2006) podem ser classificadas em quantitativo-descritivas, exploratórias e experimentais; visto que a área em estudo já é conhecida, o trabalho de campo realizado nesse estudo possuiu cunho quantitativo-descritivo, já que objetivou a coleta sistemática de dados, com necessidade de controle e uso de aparelhos de medida, a exemplo do GPS, para a aquisição de dados georreferenciados, a partir de um par de coordenadas geográficas (latitude/longitude) e ainda de altimetria.

O trabalho de campo foi fundamental para a aquisição de dados “verdadeiros” para serem explorados na imagem digital com vistas à definição de regiões de interesse ou de treinamento - que são as áreas definidas pelo pesquisador para serem utilizadas no processamento e classificação das imagens.

As ‘verdades’ de campo serviram ainda para a reambulação do mapeamento realizado, indicando a veracidade das informações selecionadas nas imagens processadas e o quão o mapeamento é confiável.

A aquisição de fotografias, nos pontos capturados por GPS, constitui-se num importante instrumento adquirido no trabalho de campo, por representar visualmente a paisagem que se pretendeu mapear, auxiliando a classificar o tipo de cobertura e uso da terra, atualmente predominantes.

Por essas razões, o trabalho de campo constitui-se num método fundamental à análise do espaço geográfico, de seus elementos constituintes e para aproximar o pesquisador de seu objeto, dissipando dúvidas, despertando pontos não considerados, possibilitando a apreensão de questões culturais, de modo que possui forte dimensão qualitativa.

1.3 BACIAS HIDROGRÁFICAS – UNIDADES ESPACIAIS DE ANÁLISE

A Terra, enquanto planeta vivo, constitui-se de elementos bióticos e abióticos que trocam dinamicamente energia e matéria (**Figura 1.3**). Da interação entre a litosfera (rochas, solos), a atmosfera (clima), a biosfera (fauna, flora), a noosfera (homem) e a hidrosfera (água - oceanos, lagos e rios), resultam as feições e aspectos que constituem as paisagens.

Nesse sentido, as bacias hidrográficas constituem-se num importante recorte espacial de análise, devido à sua continuidade espacial delimitadas pelas formas da superfície, bem como pelo fato de estarem diretamente relacionadas a todos os demais elementos e processos do sistema natural da Terra.

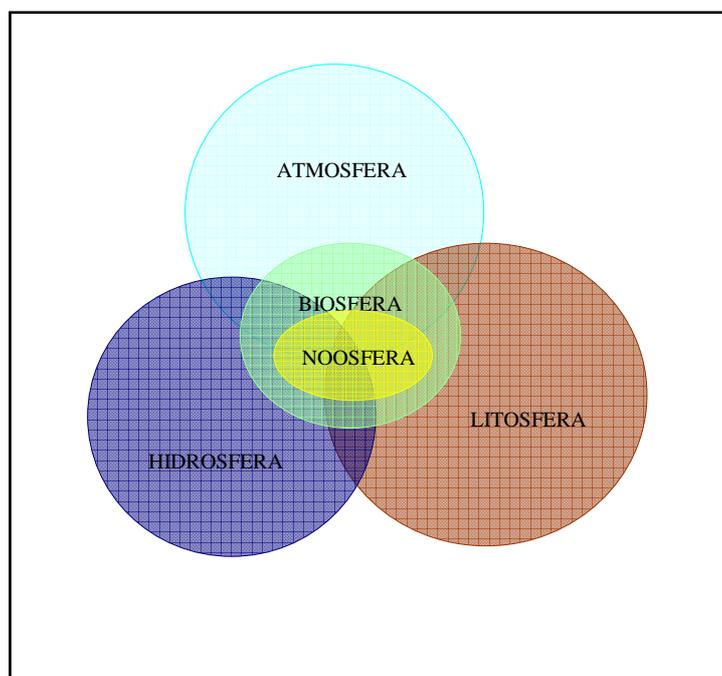


Figura 1.3 - Elementos constituintes do sistema natural da Terra. Elaborado de acordo com STRAHLER e STRAHLER (1989); e TRUSOV (1969), citado por GREGORY (1992).

A água é um elemento natural fundamental à vida no planeta e um dos fatores responsáveis pela morfogênese e pedogênese, influenciando, portanto, o tipo de vegetação que se constituirá em determinados espaços. A relação humana com a água é antiga, bem como o interesse por compreender seus mecanismos de distribuição sobre o planeta.

Além disso, as bacias hidrográficas, notadamente seus rios principais, são utilizados pela sociedade, sendo às vezes condicionantes da presença ou ausência do homem em determinados espaços. Da mesma forma, as bacias hidrográficas são sistemas naturais que comumente sofrem processos de degradação ambiental.

Pode-se considerar que os rios são fluxos de água **contínuos** (perenes), **intermitentes** (que secam em alguns períodos do ano) ou **efêmeros** (que possuem fluxo corrente apenas no período das chuvas). Esses fluxos movem-se sob ação da gravidade, para uma área de relevo mais rebaixado, o nível de base geral, que pode ser um lago, um mar continental ou o oceano.

Assim, para atingir o nível de base, o rio entalha o relevo e encaixa-se nas estruturas menos resistentes das rochas – fraturas (diáclases, fissuras). Nesse processo, o rio tende a entalhar o próprio leito, aprofundando o ponto mais baixo do leito, denominado talvegue, e acaba por se tornar também o nível de base geral para outros cursos d'água que percorrem eixos (direções) opostos ao do canal principal. Assim, os demais rios (fluxos d'água) delimitados por divisores d'água tornam-se afluentes do rio principal, depositando no seu leito a vazão hídrica e sedimentos diluídos e transportados no fluxo d'água. Portanto, a rede hídrica se estabelece e constitui uma bacia hidrográfica. Na concepção de Silva (2006):

Uma bacia hidrográfica, conforme sua definição geomorfológica, corresponde a uma área drenada por um rio principal e seus afluentes e subafluentes, ou, um conjunto de canais fluviais interligados, que possuem um nível de base local e regional comuns. Seus limites correspondem às áreas onde ocorrem cotas altimétricas mais elevadas, que são os divisores d'água. (SILVA, 2006, p. 04)

O conceito de bacias utilizado por Araújo *et alii.* (2008), utiliza também um critério geomorfológico:

As bacias se caracterizam por serem constituídas por um rio principal e seus afluentes, que transportam água e sedimentos, ao longo dos seus canais. Elas são delimitadas por divisores de águas que separam uma bacia da outra e, internamente, existem elevações que são denominadas de interflúvios, que dividem sub-bacias hidrográficas. (ARAÚJO, *et alii*, 2008, p. 59)

Os autores convergem com a concepção desse trabalho, de que uma bacia hidrográfica não pode ser pensada apenas a partir dos processos que ocorrem no leito principal, mas sim na interrelação com os demais elementos do sistema natural que atuam na área da bacia, concluindo que:

Portanto, qualquer dano que aconteça numa bacia hidrográfica vai ter conseqüências diretas ou indiretas sobre os canais fluviais. Os processos de erosão dos solos, bem como movimentos de massa, vão fazer com que o escoamento superficial transporte os sedimentos oriundos desses danos ambientais para algum tipo de rio que drena a bacia. (...) Isso tem causado o assoreamento dos rios e também dos reservatórios construídos para produção de energia hidrelétrica, bem como os açudes, para obtenção de água, em especial nos períodos de seca. (ARAÚJO *et alii*, 2008, p. 59)

A escolha do médio curso está atrelada à necessidade de conhecer melhor os resultados de práticas degradantes na BHJ, por se tratar de uma parte do semi-árido baiano, com índices pluviométricos anuais inferiores a 700 mm, cujos períodos secos são prolongados, mas que contraditoriamente é bem povoado, o que significa dizer que a sociedade utiliza esse espaço para a prática de suas atividades econômicas e culturais.

A combinação desses dois fatores, associados ao fato de se tratar de uma área de ocorrência de caatinga – savana-estépica florestada, savana-estépica arborizada e savana-estépica gramíneo-lenhosa (IBGE, 1992), que é um bioma unicamente brasileiro, rico em endemismos e pouco conservado legalmente, apontam a relevância desse trabalho, que perpassa a modelagem espacial para o mapeamento da susceptibilidade à degradação ambiental do médio Jacuípe.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esse trabalho está organizado sob um formato específico, em que os capítulos de discussão da temática estão escritos na forma de artigo, com início, desenvolvimento e conclusão em si mesmos, conforme orientação do Programa de Pós Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente.

Nesse sentido, o referencial teórico do trabalho foi construído ao longo das discussões teóricas realizadas em cada capítulo. Assim, no capítulo introdutório, há uma discussão/apresentação inicial da temática e a explicitação dos objetivos; busca-se justificar a relevância de se realizar a modelagem espacial da susceptibilidade à degradação ambiental no médio curso da Bacia do rio Jacuípe, bem como justificar a indicação da escolha das bacias hidrográficas enquanto recorte espacial para o desenvolvimento da pesquisa. É nessa parte do trabalho que se explicita a metodologia geral adotada e os materiais utilizados.

No capítulo 2, discute-se o conceito de degradação ambiental e apresenta-se uma proposta de subdivisão da bacia do Jacuípe em alto, médio e baixo curso, esclarecendo assim

o que se concebe como o médio curso da bacia do rio Jacuípe. Além disso, o capítulo 2 apresenta e discute os principais fatores que conduzem à degradação ambiental no médio Jacuípe, diagnosticados em campo, discutidos com base em diversas referências.

Os aspectos relacionados ao emprego das geotecnologias em pesquisas que visam à espacialização de fenômenos diversos e sua integração, com destaque para o Sensoriamento Remoto, o Processamento Digital de Imagens e a modelagem de dados espaciais são discutidos no capítulo 3. O resultado da modelagem espacial e a tabulação dos dados que decorrem desse processo são apresentados nesse capítulo. Como também, a relação entre o resultado da modelagem, a susceptibilidade à degradação ambiental e a busca de explicações para sua ocorrência, a partir da análise de algumas variáveis sociais e naturais que delinearam o cenário atual.

As conclusões finais, as recomendações e as referências bibliográficas constituíram o capítulo 4.

CAPÍTULO 2

O MÉDIO JACUIPE E A DEGRADAÇÃO AMBIENTAL



Coruja de lajedo
Foto: SILVA, out de 2009

CAPÍTULO 2 O MÉDIO JACUÍPE E A DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

Resumo

O médio curso da Bacia Hidrográfica do Rio Jacuípe (BHJ) é uma área core do semi-árido brasileiro e do domínio morfoclimático da caatinga. Nesse sentido, circunscreve-se às isoietas inferiores a 700 mm/ano, com solos jovens, predominantemente PLANOSSOLO formado sob o embasamento cristalino, muito antigo e metamorfizado. A geomorfologia da área constitui-se de pedimentos e ocorrência de inselbergs. O objetivo desse capítulo é delimitar a área de estudo escolhida para estudar a degradação ambiental que a BHJ vem sofrendo em função do processo de ocupação que ocorreu sem a devida atenção à questão ambiental, de modo que atualmente a área encontra-se em processo de degradação ambiental, principalmente por problemas decorrentes do uso agrícola do solo, do qual resultam a retirada da cobertura vegetal original para a instalação de pastagens e monoculturas, especialmente o sisal e a palma. Para tanto, foi realizada uma pesquisa para delimitação do melhor local dentro da bacia, selecionando-se o trecho do médio curso. Realizou-se uma pesquisa sobre a contextualização histórica do processo de ocupação do médio Jacuípe, que ajuda na compreensão dos processos de degradação que passam atualmente essa área do semi-árido baiano. Os dados bibliográficos e de campo levantados apontam que o processo de urbanização provocou sérios problemas à bacia do rio Jacuípe, porque em algumas cidades ribeirinhas o rio é utilizado como depósito de lixo e esgoto, além disso, a areia e a argila são exploradas para atividades diversas, dentre outros usos. Os resultados são: a exposição dos solos à erosão, o assoreamento do rio Jacuípe, a redução da área da caatinga a pequenos fragmentos, a ‘invasão’ de algarobas, dentre outros problemas, discutidos nesse capítulo.

2.1 INTRODUÇÃO

Esse capítulo delinea as características da área de estudo, a partir da tentativa de interrelacionar os principais aspectos naturais e sociais responsáveis pela degradação do médio Jacuípe.

Nesse sentido, apoia-se na abordagem geossistêmica, seja pela grandeza da escala (acima de 100 km) e possibilidade de análise dos processos antrópicos, conforme proposição de Bertrand (2004), seja pela compreensão de que o médio curso deve ser pensado a partir das relações que guarda com um todo maior, que é a bacia do rio Jacuípe.

O principal objetivo desse capítulo é caracterizar a área de estudo, elaborar adequadamente o recorte do médio curso da bacia do rio Jacuípe e aproximar-se dos fatores que conduzem à degradação ambiental no médio Jacuípe. Por essa razão, investigou-se os principais elementos promotores da degradação ambiental no médio Jacuípe, enfocando com maior destaque as ações humanas.

2.2 MATERIAIS E MÉTODO

Os recursos ou materiais utilizados para discutir a degradação ambiental no médio Jacuípe foram: base digital disponibilizada pelo SISCOM/IBAMA; *software* ARC GIS 9.2 e Global Mapper; aparelho GPS e cartas topográficas.

A metodologia adotada para analisar a degradação ambiental no médio Jacuípe iniciou-se com a pesquisa documental e elaboração de um breve referencial teórico sobre o tema. Nessa etapa, revisaram-se os conceitos de degradação ambiental, análise sistêmica e geossistêmica das paisagens, bem como se elaborou o referencial teórico. Em seguida, organizou-se a coleta de dados digitais, que constituíram o banco de dados. A necessidade de conhecer melhor a área em estudo conduziu à organização e efetivação de trabalhos de campo para exploração e obtenção de dados de forma direta. Paralelamente, os mapas temáticos foram organizados e utilizados na caracterização da área de estudo. Para elucidar a problemática pesquisada, fez-se uma caracterização dos elementos naturais da área de estudo, bem como dos elementos sócio-culturais, especificamente os diagnosticados em trabalho de campo.

A fim de facilitar a integração dos dados, trabalhou-se com uma base de dados digitais georreferenciados, tratados em ambiente SIG, para otimizar o tempo de processamento das informações, bem como o uso de dados de fontes variadas, a exemplo de dados vetoriais e *raster*.

Quanto ao método adotado para a análise da degradação ambiental no médio Jacuípe, partiu-se do pressuposto de Strahler e Strahler (1989), corroborado por Christofolletti (1979), de que para estudar o espaço geográfico objetivamente e de forma mais holística, deve-se realizar a análise sistêmica dos elementos que formam o sistema natural da Terra: atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera (na qual se destaca a noosfera), conforme definição de Trusov (1969), citado por Gregory (1992).

De modo análogo, Nimer (1989), indicou que:

A experiência tem nos mostrado que nenhum fenômeno da natureza pode ser compreendido, quando encarado isoladamente, fora dos demais circundantes. Qualquer acontecimento natural pode ser convertido num contra-senso quando analisado fora das condições que o rodeiam; ao contrário, se considerado em ligação com os demais poderá ser compreendido e justificado. (NIMER, 1989, p.9)

Nesse sentido, estudos ambientais devem integrar os elementos da natureza e da sociedade, compreendidos em suas múltiplas interações dinâmicas.

A degradação ambiental, enquanto conceito-chave para essa pesquisa, apoia-se na abordagem da questão ambiental segundo a perspectiva indicada por Moraes (1997), que entende a questão ambiental

[...] como uma manifestação de processos sociais, pelos quais uma dada sociedade organiza o acesso e uso dos recursos naturais disponíveis, organização que se articula na própria estruturação social constituindo parte do processo global de sua reprodução. Em suma, a questão ambiental será avaliada no contexto de um modo de produção e de uma formação econômico e social. (MORAES, 1997, p. 78)

Entretanto, para além da abordagem dialética entre natureza (e seus elementos) e sociedade (e seus elementos), presente na visão geossistêmica, destaca-se também a perspectiva de apreensão dos condicionantes da degradação ambiental no médio Jacuípe a partir de questões culturais, percebidas nos trabalhos de campo e no contato cotidiano com a realidade pesquisada.

2.3 DEGRADAÇÃO AMBIENTAL: REFLEXO DA RUPTURA HOMEM-NATUREZA

Embora se discorde da idéia de que a natureza deva ser investigada na perspectiva de recurso natural, deve-se considerar que foi nessa visão que a sociedade se “apropriou” historicamente dos objetos naturais que caracterizam o médio Jacuípe.

Essa concepção de natureza enquanto recurso, típica da sociedade capitalista, é um dos fatores que motivaram as ações que degradaram o médio Jacuípe, de modo que se faz necessário repensar tal concepção para um entendimento de natureza enquanto bem sócio-ambiental, enquanto patrimônio natural, necessário à manutenção do sistema-Terra e da

própria espécie humana, para que possa emergir ações conservacionistas que promovam a sustentabilidade ambiental (GONÇALVES, 1990).

Optou-se pela utilização do conceito degradação ambiental por considerá-lo mais abrangente, embora correlato, do que o conceito de degradação das terras ou do solo, bem como da análise da paisagem, porquanto na área de estudo, a paisagem encontra-se fortemente alterada e a degradação do ambiente é nítida.

De forma análoga, Araújo *et alii* (2008, p. 19) indicaram ao tratar de degradação ambiental, que “A degradação das terras envolve a redução dos potenciais recursos renováveis por uma combinação de processos agindo sobre a terra.” Tal redução pode conduzir ao abandono e à ‘desertificação’ da terra, que na concepção dos autores:

[...] pode ser por processos naturais, tais como o ressecamento do clima atmosférico, processos naturais de erosão, alguns outros de formação do solo ou uma invasão natural de plantas ou animais nocivos. Pode também ocorrer por ações antrópicas diretamente sobre o terreno ou indiretamente em razão das mudanças climáticas adversas induzidas pelo homem. (ARAÚJO *et alii*, 2008, p. 19)

Um dos principais agentes modificadores/formadores das configurações espaciais é a sociedade humana. Discute-se frequentemente a intensidade de alterações nos sistemas naturais, provocadas pela pressão antrópica sobre os mesmos, ante uma espécie de paradigma dominante de que a natureza é recurso disponível às “necessidades” humanas.

Gonçalves (1990) discutiu como o conceito de natureza, de selva, selvagem, foi forjado em suposta oposição ao de civilizado, de cultura, agricultura, para justificar o domínio da natureza pelo homem e mesmo para a existência do Estado, que regula os povos “civilizados”, em oposição aos primitivos, que não possuía Estado, e esclarece:

A natureza é, em nossa sociedade, um objeto a ser dominado por um sujeito, o *homem*, muito embora saibamos que nem todos os homens são proprietários da natureza. Assim, são alguns poucos homens que dela verdadeiramente se apropriam. A grande maioria dos outros homens não passa, ela também de objeto que pode até ser descartado. (GONÇALVES, 1990, p.26-27)

Nesse sentido, a pobreza, enquanto reflexo de toda uma estrutura de sociedade, pode também ser um dos indicadores de descuido com as questões relacionadas à natureza, conforme indicaram Lima e Mariotoni (2003, p.01): “A degradação dos solos e a pobreza são

faces de uma mesma moeda, ou seja, da predominância dos valores auto-afirmativos na sociedade [...]”.

Refletirmos sobre a concepção de homem, enquanto senhor e dono da natureza e até mesmo de outros homens, conduz à necessária adoção de uma postura crítica acerca do modo como ocorre a relação entre a população que ocupa o médio Jacuípe e a natureza, visto que foram e são as suas ações, ao longo de vários séculos, que conduziram ao estágio atual de degradação ambiental.

Dessa forma, Raynaut *et alii* (2002) indicaram que se deve considerar a multiplicidade de atores sócio-econômicos e suas variadas estratégias, bem como a diversidade das situações geográficas, como necessárias para a compreensão da complexidade social e ambiental⁴.

Nesse trabalho, os termos pressão antrópica e degradação ambiental guardam relações muito próximas, por se considerar que a pressão antrópica é o conjunto de atividades humanas que de alguma forma modifica o funcionamento do sistema natural, causando-lhe entropia, seja por força, por descuido, por interesses externos, por necessidade ou por desconhecimento dos resultados das ações. Por essa concepção, o termo pressão antrópica conduz à idéia de degradação ambiental.

Entretanto, sabe-se que a degradação ambiental pode resultar também de processos naturais, mas nesse caso, estão relacionados aos desastres naturais, uma vez que na perspectiva da abordagem sistêmica, quando natural, o sistema conduz à regulação na relação matéria/energia, entrada/saída, ou seja, o sistema tende ao estado de equilíbrio dinâmico (biostasia) (BERTRAND (2004); STRAHLER e STRAHLER (1989), CHRISTOFOLETTI (1979) e TRICART (1977)).

Há ainda a possibilidade de redução do índice pluviométrico, mas nesse caso, embora mudanças climáticas se dêem no âmbito atmosférico e, portanto, natural, dado o contexto de mudanças impostas ao semiárido, tal ocorrência não seria natural, mas sim induzida.

Ao discutir a problemática da pressão antrópica, Sousa (2003) considerou que:

O antropismo é caracterizado por toda e qualquer interferência do homem na natureza. Em regiões semi-áridas esta situação é agravada, uma vez que, sob condições hidroclimáticas desfavoráveis, são mais pronunciados os efeitos de qualquer ação e mais difícil o processo de recuperação. (SOUSA, 2003, p. 31)

⁴ Os autores desenvolveram um estudo sobre desenvolvimento sustentável no litoral do Paraná, durante o doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento, da Universidade Federal do Paraná, que elegeu esta área para que todos os doutorandos desenvolvessem suas teses, de acordo com suas áreas de atuação e interesse.

Especificamente em relação ao médio curso da Bacia do Jacuípe, a técnica das queimadas prevaleceu para a retirada da cobertura vegetal e ocupação desse espaço com atividades agrícolas como pastagens, culturas anuais (milho, feijão) e culturas permanentes (palma, sisal, licuri), o que demonstra que as sociedades agrícolas tradicionais são capazes de exercer forte pressão e alterar significativamente o mosaico formado pelos objetos naturais que compõem o espaço geográfico, através do simples mecanismo de queimar.

A respeito de práticas degradadoras e do processo de desertificação no nordeste semiárido, Ab'Sáber (1977a), indicou:

[...] três séculos de atividades agrárias rústicas, centradas no pastoreio extensivo, e, algumas décadas de ações deliberadas de intervenção antrópica, com acentuado crescimento demográfico paralelo, terminaram por acrescentar feições de degradação pontuais, de fácil reconhecimento nas paisagens sertanejas, sob a forma de ulcerações dos tecidos ecológicos regionais. (AB'SÁBER, 1977a, p.02-03)

A “ulceração” referida por Ab'Sáber (*op cit*) nas paisagens do semi-árido brasileiro resulta atualmente em intensa degradação ambiental que tem preocupado diversos pesquisadores, a exemplo de Candido *et alii* (2002), que estudaram uma parte do sertão paraibano a partir do uso de imagens de satélite e de mapas digitais (solos, geologia, etc.), para o estabelecimento de níveis de degradação ambiental, concluindo que a degradação grave e muito grave atingia 50% da área pesquisada.

Além disso, surgiram núcleos urbanos que ocupam áreas cada vez maiores e favorecem o adensamento de atividades agrícolas no seu entorno. Sabe-se que do processo de ocupação do espaço, historicamente, resulta um sistema técnico constituído para dar suporte às atividades humanas, que num conjunto formam importantes redes técnicas e sociais (DIAS, 2001). Essas redes são capazes de dar mais fluidez ao espaço e, por essa razão, podem tornar-se vetores de degradação ambiental.

Estudos realizados na Amazônia por Becker (2001) e Alves (1999), citados por Aguiar (2003), demonstraram que há linearidade na ocupação do território ao longo dos cursos fluviais e rodoviários e que o alcance do desflorestamento pode estender-se em até 50 km a cada lado da rodovia.

Na concepção de Almeida (1994), o processo de degradação dos recursos naturais está intimamente relacionado às atividades do setor primário. A respeito do desmatamento, foi taxativo:

O desmatamento tem efeitos gravíssimos sobre o meio ambiente, porque são as florestas responsáveis por diversas funções essenciais para a preservação dos ecossistemas, quais sejam controle da fauna, regime das águas, variação do clima, além de fornecer matéria-prima, controlar a poluição atmosférica e servir de lazer. (ALMEIDA, 1994, p. 65)

Ao discutir a degradação ambiental como sinônimo da degradação de terras, Araújo *et alii* (2008) consideraram que a combinação de processos diversos – naturais ou antrópicos -, diretos ou indiretos que atuam sobre a terra, a exemplo do desmatamento e da superexploração da vegetação causando a diminuição dos recursos renováveis potenciais, caracteriza a degradação, cuja consequência imediata pode ser o abandono das terras e a desertificação.

Miller Jr. (2008, p. 235, grifo do autor) considerou, de forma análoga, que “**A degradação da terra** ocorre quando processos naturais ou induzidos por humanos diminuíram a capacidade da terra de suportar a agricultura, a pecuária ou as espécies selvagens.”.

Na compreensão de Sá *et alii*. (2004, p. 23)

A degradação ambiental não só se manifesta pela sensibilidade do solo à erosão mas, sobretudo, pelo uso a ele imposto. As observações de campo e a análise visual de documentos satelitários demonstram, nitidamente, que as áreas mais devastadas comportam solos de alta fertilidade que foram e/ou estão sendo intensivamente explorados. (SÁ *et alii*, 2004, p. 23)

Por este motivo, a vegetação que precisa de solos mais desenvolvidos e ricos são as que, geralmente, primeiro são devastadas. Entretanto, sabe-se que diversos fatores interferem na escolha pelas áreas que receberão outros usos, a exemplo da proximidade de estradas, estrutura fundiária, valor diferencial da terra, disponibilidade hídrica, tipos de atividades agrícolas, densidade populacional, dentre outros.

A degradação ambiental resulta da associação de aspectos sociais e naturais, de políticas e escolhas locais, bem como dos interesses globais; seus reflexos afetam todos os seres vivos, incluindo o homem, que perde em qualidade de vida; a problemática é alarmante no sertão, devido à sua vulnerabilidade climática.

Sistemas naturais azonais como o semiárido baiano, mantêm-se devido ao equilíbrio dos seus elementos constituintes (clima, solos, vegetação, fauna, águas), de modo que as constantes alterações impostas a esse sistema natural, geralmente devido às atividades humanas, podem conduzir a um total desequilíbrio, cuja consequência mais grave seria a desertificação.

Dessa forma, conhecer como a degradação ambiental evoluiu ao longo do tempo no médio Jacuípe, pode subsidiar o planejamento no uso das terras e no estabelecimento de Unidades de Conservação para garantir que as gerações futuras encontrem um ambiente que lhes possibilite a vida, bem como conhecer as paisagens “naturais” e a biodiversidade existentes no médio Jacuípe.

2.4 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: O MÉDIO JACUIPE

A bacia hidrográfica do rio Jacuípe drena uma área total⁵ de 12.099,9 km². Considerando-se o leito principal, o rio perfaz aproximadamente 320 km da nascente à foz e percorre com sua rede de drenagem 39 municípios.

Dessa forma, constata-se que a bacia do Jacuípe é bastante extensa no sentido longitudinal, visto que seu curso superior – área de nascentes - localiza-se no município de Morro do Chapéu – BA, seu médio curso atravessa diversos municípios do sertão baiano e sua foz encontra-se em Feira de Santana - BA, no lago de Pedra do Cavalo.

Devido à sua extensão, e considerando-se a multiplicidade de aspectos que envolvem a análise ambiental, fez-se necessário um recorte espacial de análise, de forma que se escolheu o médio curso para a realização deste trabalho (**Figura 2.1**). O médio curso do Jacuípe perfaz uma área de 4.633,966 km², correspondente a 38% da área total da bacia hidrográfica do rio Jacuípe.

Investigar essa área da BHJ é importante não apenas por se tratar do trecho da Bacia que está nitidamente sob influência do clima tropical semiárido, área sujeita à ocorrência do processo de desertificação e relativamente desconhecida, como indicou Santana (2007), mas ainda porque de acordo com o estudo organizado por Silva *et alii* (2004), constitui-se numa área recomendada como prioritária para pesquisa devido a pouca quantidade de informações existentes a seu respeito, principalmente em escala de maior detalhamento.

Entretanto, não se desejou analisar subbacias do rio Jacuípe, mas uma parte representativa da BHJ. Note-se que a escolha em dividir a bacia em alto, médio e baixo curso já pressupõe questões de ordem geomorfológica, ligadas à altimetria e à declividade, uma vez que não há uma definição e generalização de parâmetros sobre a subdivisão de bacias hidrográficas aplicáveis a todas as bacias hidrográficas existentes, devido às peculiaridades de cada bacia hidrográfica.

⁵ Segundo medida de área efetuada no software ARCGIS 9.2.

Investigou-se ainda fazer tal subdivisão a partir de isoietas, mas assim como o clima é dinâmico, sabe-se que as isoietas são aproximações do índice pluviométrico da área, que pode sofrer modificações, daí ter-se buscado um parâmetro menos maleável.

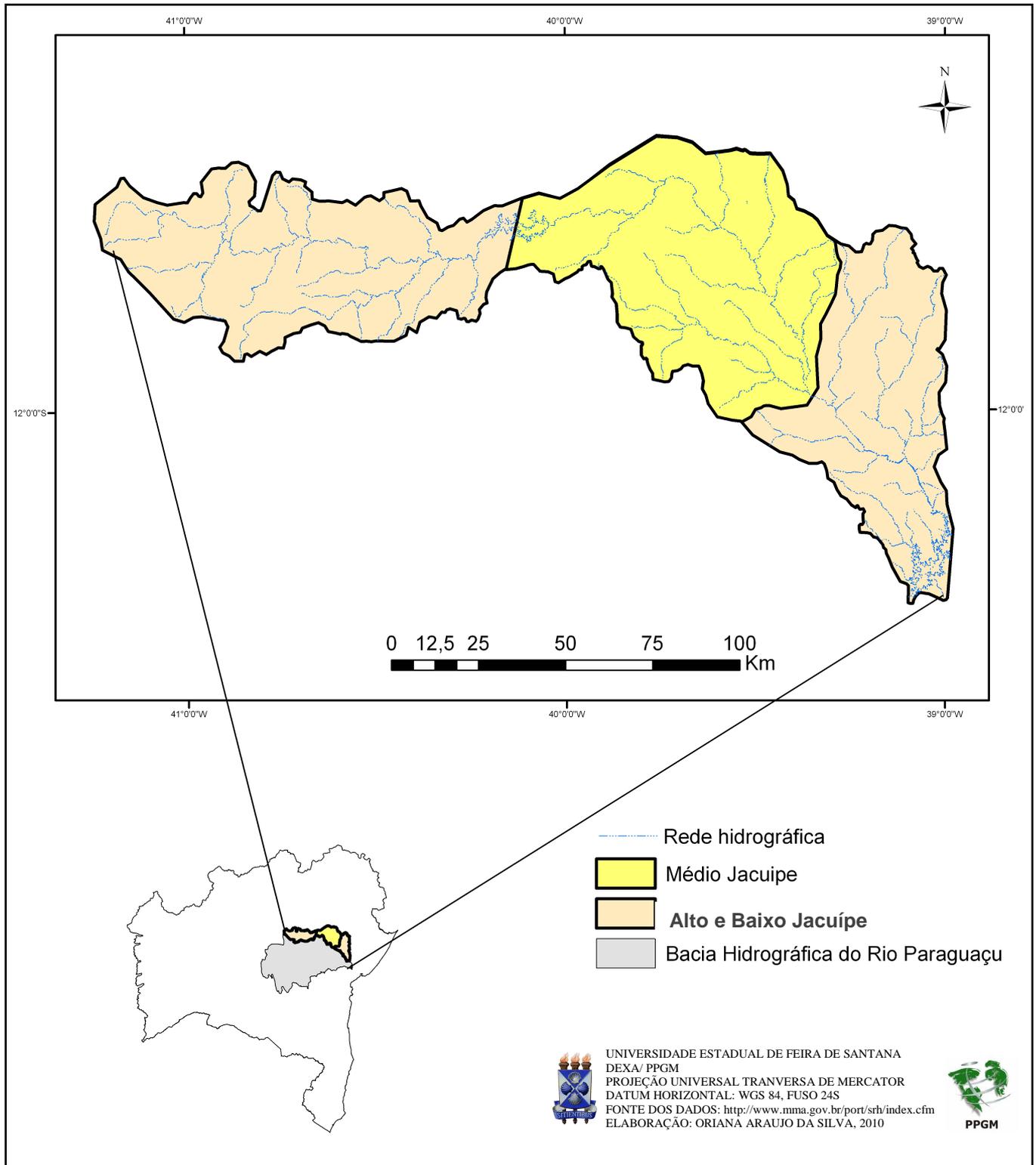


Figura 2.1 - O médio curso da bacia hidrográfica do rio Jacuípe

Nesse sentido, optou-se por gerar mapas de declividade, perfis topográficos e representações em 3D da área da bacia para evidenciar os padrões de drenagem, bem como a inferência a respeito da ocorrência dos processos erosivos e de deposição de sedimentos.

Mediu-se então o leito principal, traçando seu perfil topográfico, representado na **Figura 2.2**, a partir daí gerou-se uma visualização em 3D (**Figura 2.3**), para auxiliar a análise do perfil e identificar as unidades geomorfológicas principais, que indicam os processos fluviais predominantes, com base no ciclo de DAVIS – erosão, transporte e sedimentação – (CASSETI, 1994), que são característicos respectivamente, das áreas que abrangem o alto, médio e baixo curso do rio Jacuípe.

Utilizaram-se ainda as curvas de nível, com intervalo de 50m, como suporte à subdivisão da BHJ.

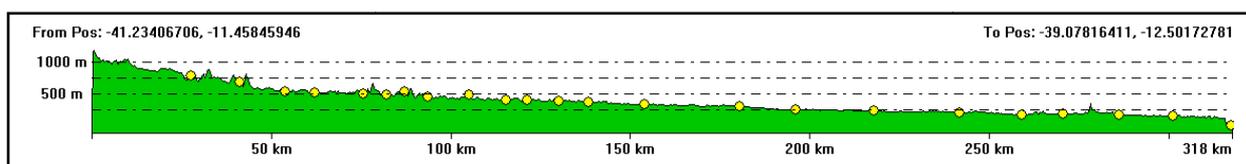


Figura 2.2 – Perfil L-O da bacia hidrográfica do rio Jacuípe

Entretanto, como esse trabalho preocupou-se com a bacia hidrográfica enquanto totalidade, embora estude uma de suas partes, considerou-se também a rede hidrográfica para a definição da subdivisão, uma vez que, por critérios topográficos, podia-se incorrer em subdividir subbacias.

Dessa forma, avaliou-se a rede de drenagem e as subbacias existentes, através da extração automática de bacias hidrográficas, realizada no ArcGis 9.2, a partir dos diversos métodos de análise espacial em hidrografia, encaixando-as inteiramente em cada subdivisão (subbacias do alto, médio e baixo Jacuípe). Para garantir a veracidade da divisão, efetuou-se uma reavaliação a partir da integração da rede de drenagem principal com o MDT (**Figura 2.4**).

De modo geral, o resultado da integração das variáveis citadas para subdivisão da BHJ aproximou-se bastante do recorte utilizado em trabalho anterior (SILVA, 2006), com uma pequena redução da área total analisada, no setor Leste do médio curso e um incremento de área no setor Oeste do médio curso.

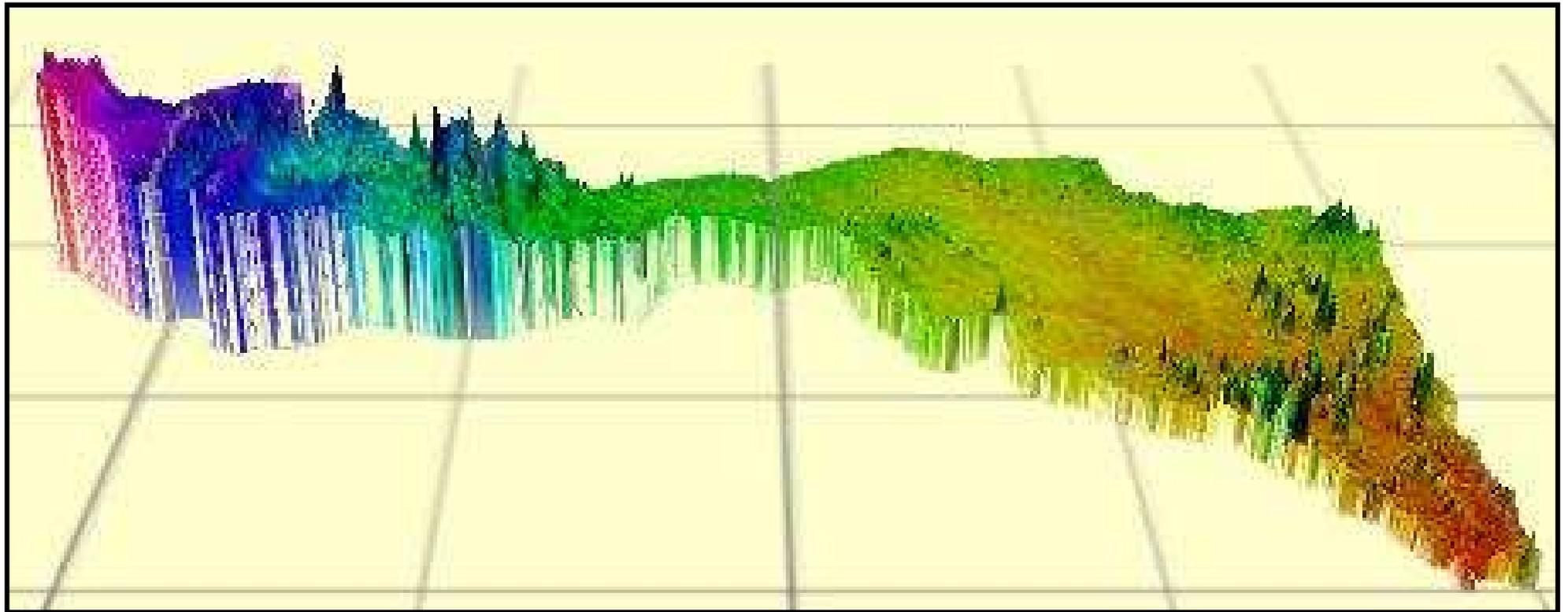


Figura 2.3 – Visualização em 3D da bacia hidrográfica do rio Jacuípe.
Fonte: MDT. Exagero vertical: 100m.

Entretanto, por questões metodológicas, optou-se por manter o limite Oeste estabelecido anteriormente, devido ao fato de coincidir com o limite da cena 216/68, por tratar-se de um trabalho de modelagem dinâmica, com a utilização de quatro cenas do Landsat, de modo que utilizar mais uma cena apenas para contemplar o pequeno trecho que foi adicionado, julgou-se desnecessário nesse momento.

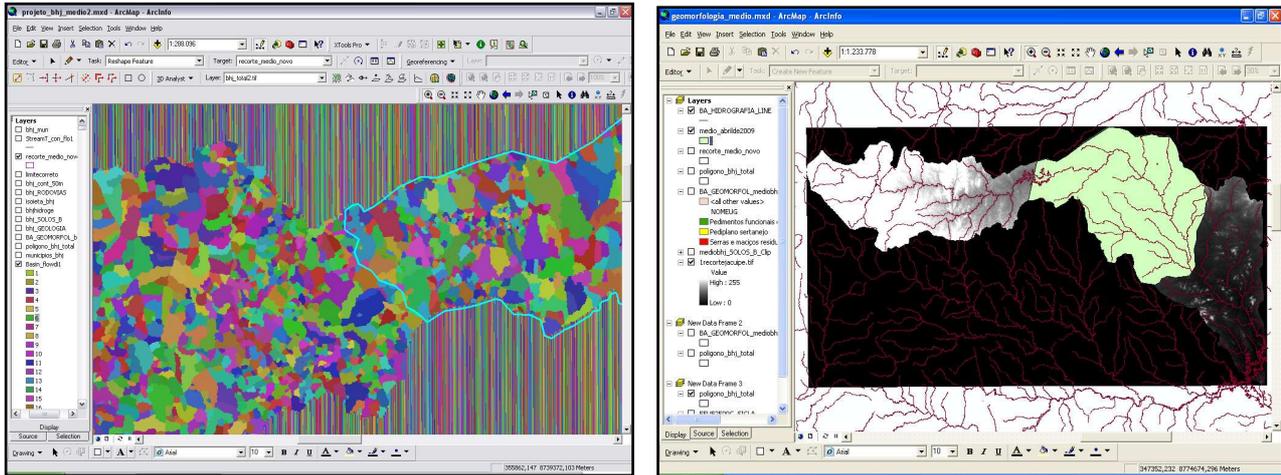


Figura 2.4 – Extração automática de bacias e integração de variáveis para a redefinição do médio curso da BHJ

Além disso, para a elaboração de trabalhos futuros, a coincidência do limite Oeste do vetor com o limite das cenas 216_68 e 217_68, facilita a integração dos estudos; pode-se admitir ainda essa pequena área no alto curso, sem maiores prejuízos. A **Figura 2.5** demonstra os diversos vetores resultantes do esforço para fazer a subdivisão da BHJ.

O **Quadro 2.1** sintetiza os critérios que foram integrados para subdividir a bacia do rio Jacuípe.

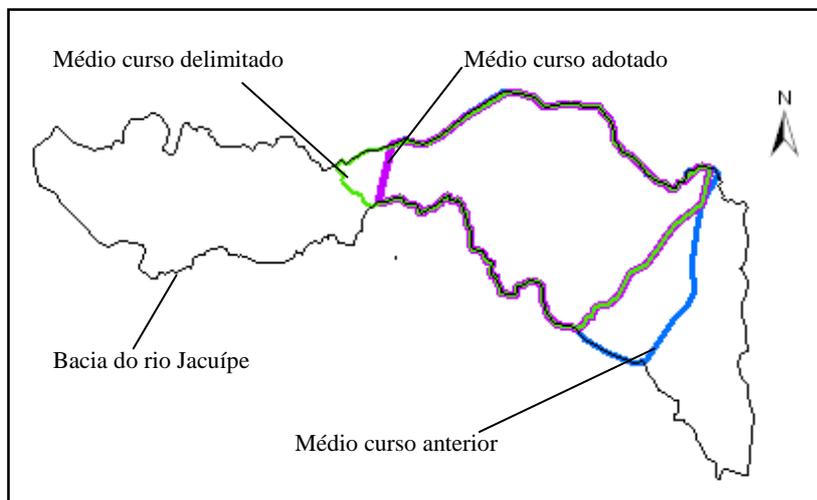


Figura 2.5 – Comparação entre os vetores que definem o recorte espacial do trabalho.

Quadro 2.1 - Características gerais do alto, médio e baixo curso da bacia hidrográfica do rio Jacuípe

TRECHO DA BACIA	Comprimento	Cotas altimétricas	Unidades geomorfológicas predominantes	Processos fluviais predominantes	Clima predominante
ALTO CURSO	Do extremo Oeste da BHJ até aproximadamente 120km, seguindo o leito principal.	Acima de 400m	Anticlinais aplanados e esvaziados, sinclinais suspensos, blocos deslocados por falhas da Chapada Diamantina; Pediplano cimero da Chapada Diamantina;	Erosão	Tropical semi-árido a sub-úmido
MÉDIO CURSO	De 120km da extremidade Oeste da BHJ até aproximadamente 230km no sentido Leste, seguindo o curso principal.	Abaixo de 400m até 200m	Pedimentos; Maciços residuais (inselbergs)	Erosão e deposição. Perda do gradiente. Meandrização.	Tropical semi-árido
BAIXO CURSO	De 230 km da extremidade Oeste da BHJ, até a foz do rio Jacuípe, no lago de Pedra do Cavalo, no rio Paraguaçu - município de Feira de Santana.	Abaixo de 200m	Serras, alvéolos e depressões intramontana; Tabuleiros interioranos.	Deposição de sedimentos	Tropical semi-árido a sub-úmido

2.5 CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DO MÉDIO JACUÍPE

O recorte espacial resultante dessa metodologia limitou esse trabalho a uma área core do sertão semi-árido, uma vez que se observa que a área do médio curso circunscreve-se à isoietal de 700mm (**Figura 2.6**), caracterizada pela intermitência dos cursos fluviais, inclusive do leito principal do rio Jacuípe.

O clima é um elemento importante para o entendimento da degradação ambiental no médio Jacuípe, por condicionar diversos processos, já que do clima decorrem as precipitações pluviométricas, as temperaturas e as amplitudes térmicas, a pressão do ar, que num conjunto, modelam o relevo, regulam o regime hídrico do médio Jacuípe, afetam a pedogênese e, por conseguinte, a vegetação.

Do ponto de vista de sua interação com a sociedade, especialmente no médio Jacuípe, o clima semi-árido e suas altas temperaturas durante quase o ano todo, deviam ser vistos como grande potencialidade agrícola, mas o modo como a ocupação do espaço foi gestada, calcada no latifúndio pecuarista (bovino) e na monocultura exportadora (sisal), gerou um forte processo de pauperização da grande maioria da população e enriquecimento de uma pequena parcela.

O interesse da elite privilegiada em manter seus privilégios, bem como a arrecadação de verbas para o socorro dos flagelados, conforme demonstrou Castro (1992), conduziu à ‘naturalização’ da idéia de que o clima semi-árido é o grande problema do sertão nordestino, mascarando a sua dimensão sócio-política.

A dimensão ambiental também não faz parte das preocupações da quase totalidade dessa elite privilegiada, incorrendo no que alertaram Araújo *et alii* (2008):

Geralmente, quando o clima e as atividades humanas se combinam tornando um solo anteriormente sadio em área devastada, a degradação aparentemente é irreversível. Entretanto, muitas formas de degradação podem ser remediadas pela reconstrução cuidadosa da saúde do solo (Scherr e Yadav, 1996). (Araújo *et alii*, 2008, p. 21)

Embora não se objetive realizar um estudo acerca de possíveis alterações climáticas no médio Jacuípe, convém considerar o fato de que o clima resulta da dinâmica global da atmosfera e sua interação com o local.

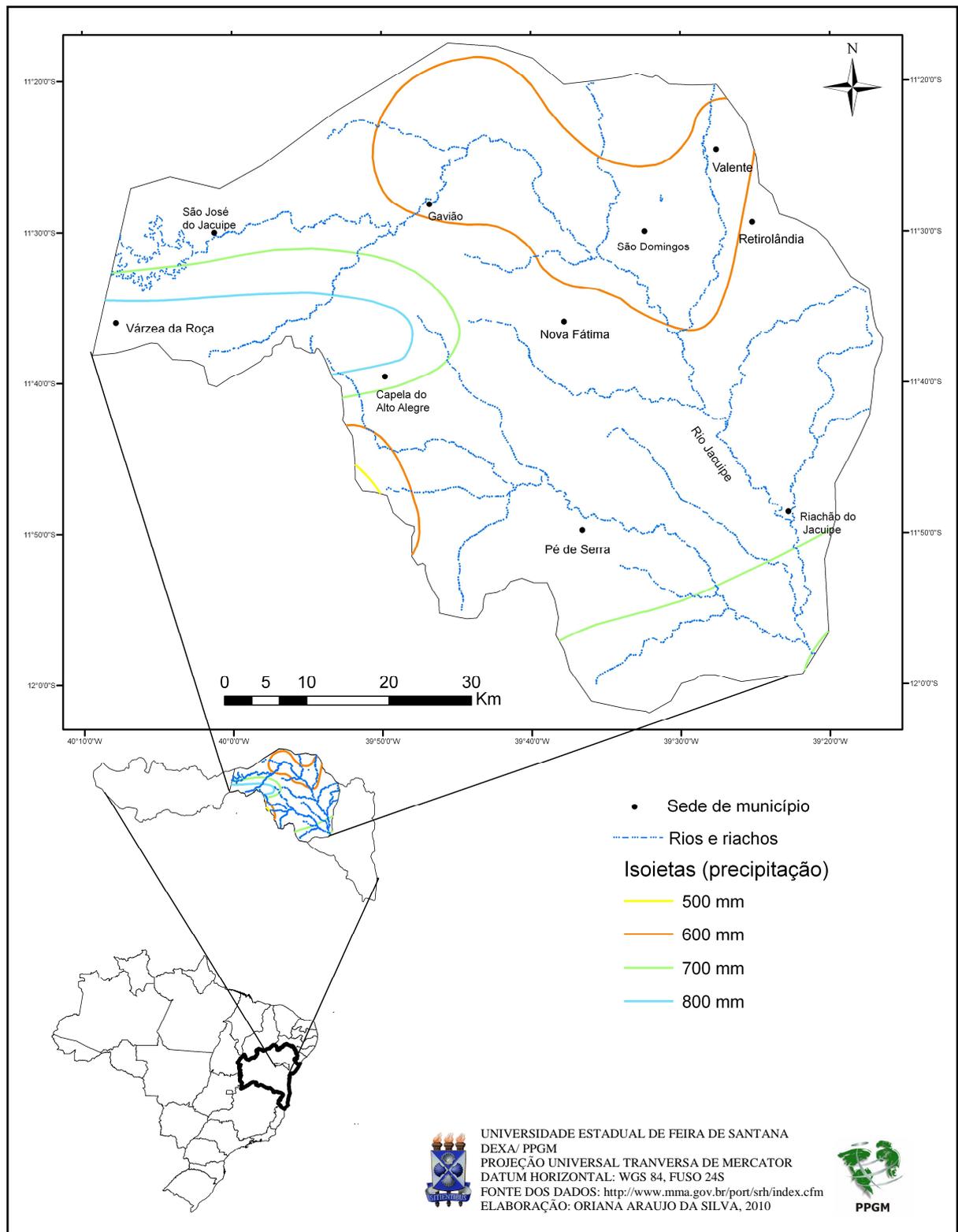


Figura 2.6 – Mapa de isoietas. Médio curso da bacia hidrográfica do rio Jacuípe.

A despeito da variabilidade climática, seus desvios, novos padrões e “acidentes naturais”, Ribeiro (1996) questionou:

[...] as secas intensas nas regiões tropicais ou mesmo temperadas fariam parte, seriam indícios de mudanças climáticas globais? Ou seriam eventos nos limites das flutuações randômicas que têm caracterizado o clima nas diversas partes do mundo? Ou ainda seriam o resultado do uso e ocupação do solo pela urbanização, desmatamento, construção de grandes reservatórios hídricos, drenagem de pântanos, etc? (RIBEIRO, 1996, p. 76)

Nota-se que a excentricidade do clima semiárido é real, mesmo em anos em que ocorre o fenômeno EÑOS (El Niño Oscilação Sul) na América do Sul. Dessa forma, a tipicidade da seca foi marcante em 1980, visto que 1979 também foi um ano seco (-75 mm). Já 1987 configurou-se como um ano de seca entre um período mais chuvoso entre os anos anteriores e subsequentes: 1985 (37 mm); 1986 (150 mm); 1988 (156 mm); 1989 (146 mm). Em 1997, o índice do desvio positivo na verdade reflete um ano positivo em 1996 (62 mm), constituindo-se numa transição para um agravamento da seca em 1998, que registrou-se -229 mm, semelhante à severidade da seca que ocorrera em 1980.⁶

O ano de 2008, de modo geral, embora não se possa precisar exatamente, mas a partir da observação e acompanhamento dos meses secos, pode ser também classificado como um ano de ocorrência de seca, já que na maior parte dos municípios do médio Jacuípe as esperadas chuvas torrenciais de verão não ocorreram (ou ocorreram de forma incipiente). O déficit hídrico só foi compensado com as chuvas de novembro.

Essa similaridade de ocorrência de secas nos anos estudados auxilia a comparação dos dados, bem como evidencia a degradação ambiental, não apenas a partir das questões antrópicas, mas também de sua associação com as secas naturais.

Reflexo do clima semiárido e dos solos, a vegetação atual do médio Jacuípe é formada predominantemente pela caatinga arbustiva e pela caatinga arbórea (floresta estacional decidual).

Estima-se, entretanto, que a fisionomia da paisagem do médio Jacuípe, no passado, constituía-se de caatinga arbóreo-arbustiva, que segundo a CAR (1995), possui estrato arbóreo denso ou aberto, indivíduos com mais de 4m de altura e deciduidade em mais de 50% dos indivíduos.

⁶ Fonte dos dados de anomalia da precipitação: SOUZA, 2006, p.65

Especula-se tal fato por se ter constatado em campo a ocorrência de indivíduos isolados – remanescentes – (**Figura 2.7**), em áreas de exploração agrícola, que são verdadeiros “testemunhos” da altura que a vegetação original possuía nessas áreas. Os relatos dos antigos moradores da área também corroboram tal premissa.

Essas árvores isoladas são justamente as que caracterizam a caatinga arbórea atualmente, nos poucos fragmentos existentes:

[...] quixabeira (*Bumelia sartorum*), baraúna (*Schinopsis brasilienses*), faveleira (*Cnidoscolus phyllacanthus*), juazeiro (*Zizyphus joazeiro*), imburana-de-cambão (*Bursera leptophlocos*), mandacaru (*Cereus jamacuru*), facheiro (*Pilocereus pentedrophorus*), aroeira (*Myracronduon urundeuva*), angico (*Anadenanthera macrocarpa*), tamboril (*Enterolobium tamboril*), e licuri (*Syagrus coronata*), enquanto que no sub-bosque temos o pinhão (*Jatropha spp*), pau-de-rato (*Caesalpineia pyramidalis*), caroá (*Neoglaziovia variegata*), mucunã (*Dioclea sp*) e a epífita arbórea denominada de barba-de-velho (*Tillandsia sp*). (CAR, 1995, p. 30)

Pode-se afirmar então que a caatinga arbustiva atual é, na verdade, um estágio da caatinga de sucessão instalada em locais antes ocupados pela caatinga arbórea densa, com exceção das áreas onde o solo é incipiente, em que a ocorrência da caatinga arbustiva é natural (**Figura 2.8**).

A dificuldade de se encontrar áreas contínuas de caatinga original no médio Jacuípe, para fins de mapeamento, já é um forte indicador de que a degradação ambiental na área é muito alta, uma vez que se sabe o papel que a vegetação exerce no que diz respeito à proteção dos solos, infiltração das águas e recarga de aquíferos, manutenção do hábitat de diversas espécies animais e por conseguinte das cadeias tróficas, como regulador térmico, auxiliando na diminuição da amplitude térmica que é elevada no semi-árido e mesmo para a qualidade de vida, enquanto manifestação fisionômica, uma vez que faz diferença ter no entorno uma paisagem como a da **Figura 2.9**, ambas de uma área destinada ao lazer no médio Jacuípe.



Figura 2.7 - Árvores isoladas. Remanescentes de vegetação original.



Figura 2.8 - Aspecto da caatinga sobre solo incipiente.

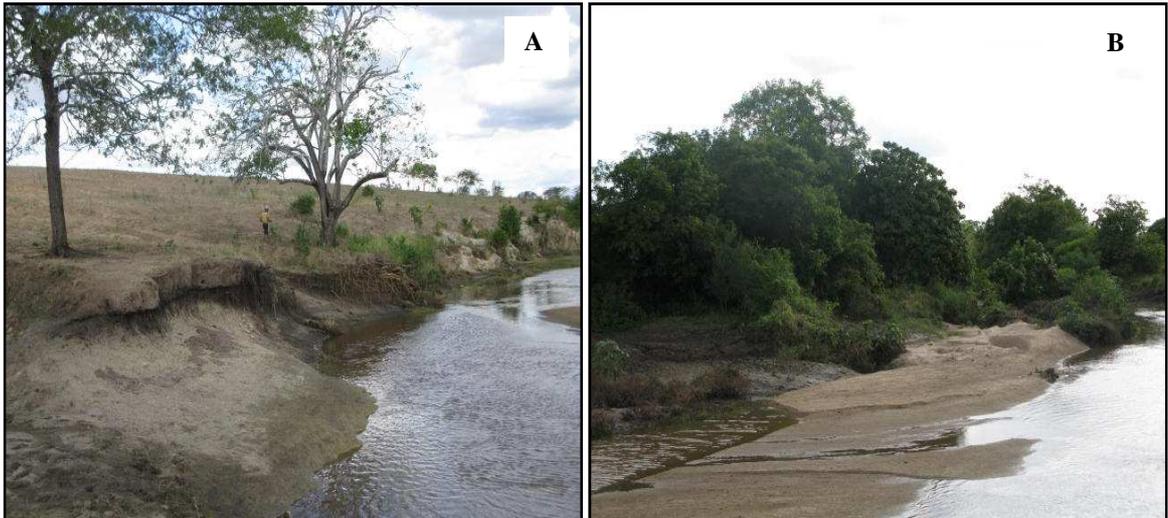


Figura 2.9 – Aspecto da mata ciliar. Margem esquerda do rio Jacuípe (foto A); margem direita do rio Jacuípe (foto B).

A retirada da vegetação expõe os solos aos agentes intempéricos e à erosão pluvial e fluvial, intensa nos períodos de chuvas torrenciais. Os solos são resultados da combinação dinâmica entre a litosfera (rochas que geram o material de origem), a atmosfera (elementos do clima, que controlam a disponibilidade hídrica e de insolação) e a biosfera (vegetação e animais, com destaque para os microorganismos).

A análise da interação do solo com as superfícies de relevo perpassa a análise da litologia, uma vez que as propriedades físico-químicas dos minerais das rochas que compõem suas estruturas geológicas atuam oferecendo maior ou menor grau de resistência das rochas aos agentes intempéricos exógenos (temperatura, umidade, pluviosidade, ação eólica, ação biológica, pressão atmosférica), condicionando os processos erosivos, os padrões de drenagem, a pedogênese e a dinâmica da morfogênese, que num conjunto influenciam no desenvolvimento da biota.

Nesse sentido, Bigarella (1994) indicou que:

O substrato da paisagem é constituído de rochas e seus produtos de alteração. Sua estrutura geológica diferencia-se regionalmente em função da organização espacial dos elementos geotectônicos. O substrato rochoso é palco de uma série de processos complexos que conduziram e conduzem à formação da paisagem com seus múltiplos aspectos, geralmente de natureza. (BIGARELLA, 1994, p.16)

Enquanto substrato das paisagens, a litologia relaciona-se com os demais elementos que configuram o sistema natural – clima, vegetação, solos, águas - podendo-

se dizer que a estrutura geológica e o clima, de forma geral, são os grandes formadores da paisagem, por serem os responsáveis pelos processos de morfogênese, regime hídrico e pedogênese que, reunidos e em interação com a vegetação, criam as condições para sua existência, bem como para a dos animais (habitat).

O médio Jacuípe possui uma estrutura geológica antiga, demonstrada na **Figura 2.10**, em que se observa a predominância espacial de rochas pertencentes às eras Neoarqueanas e Paleoproterozóicas, embora ocorram também rochas datadas do Paleoarqueano, do Mesoarqueano e do Cenozóico.

A antiguidade da litologia, associada aos agentes intempéricos atuantes ao longo do tempo geológico, considerando-se aí as mudanças climáticas na área, ‘modelaram’ um relevo aplainado, suavemente ondulado, com ocorrência de inselbergs, que caracterizam a geomorfologia da área.

Nesse sentido, as litologias são importantes para o estudo da configuração das paisagens, bem como dos processos de degradação ambiental atuantes porque as estruturas das rochas são condicionantes do relevo, uma vez que possuem camadas naturais e diques de diáclase diferenciados, o que resulta em resistências diferenciadas ao intemperismo e à erosão (STRAHLER e STRAHLER, 1989).

Por essa razão, é fundamental a elucidação da estrutura geológica para o entendimento das formas que a superfície apresenta, já que Bigarella (1994, p.95) indicou que: “Os domínios morfoestruturais são definidos pelo conjunto de fatos geomorfológicos ligados à aspectos geológicos de caráter amplo.”

A litologia predominante no médio Jacuípe é o embasamento cristalino, com destaque para o enderbito, chanoenderbito, charnokito, ricos em minerais félsicos, que são mais resistentes aos agentes intempéricos (**Figura 2.11**). Compõe o substrato rochoso a ser intemperizado para a constituição dos solos, entretanto, no período atual, devido à ocorrência do clima semi-árido, com chuvas torrenciais e esporádicas, a pedogênese é limitada, razão pela quais os solos são - via de regra - rasos.

Nesse sentido, destaca-se a importância da vegetação enquanto agente propulsor da pedogênese, uma vez que atua tanto no processo de aeração dos solos, quanto de proteção do solo, a partir do sombreamento, além de desagregar mecanicamente os minerais a partir da ação das raízes e de facilitar a percolação da água.

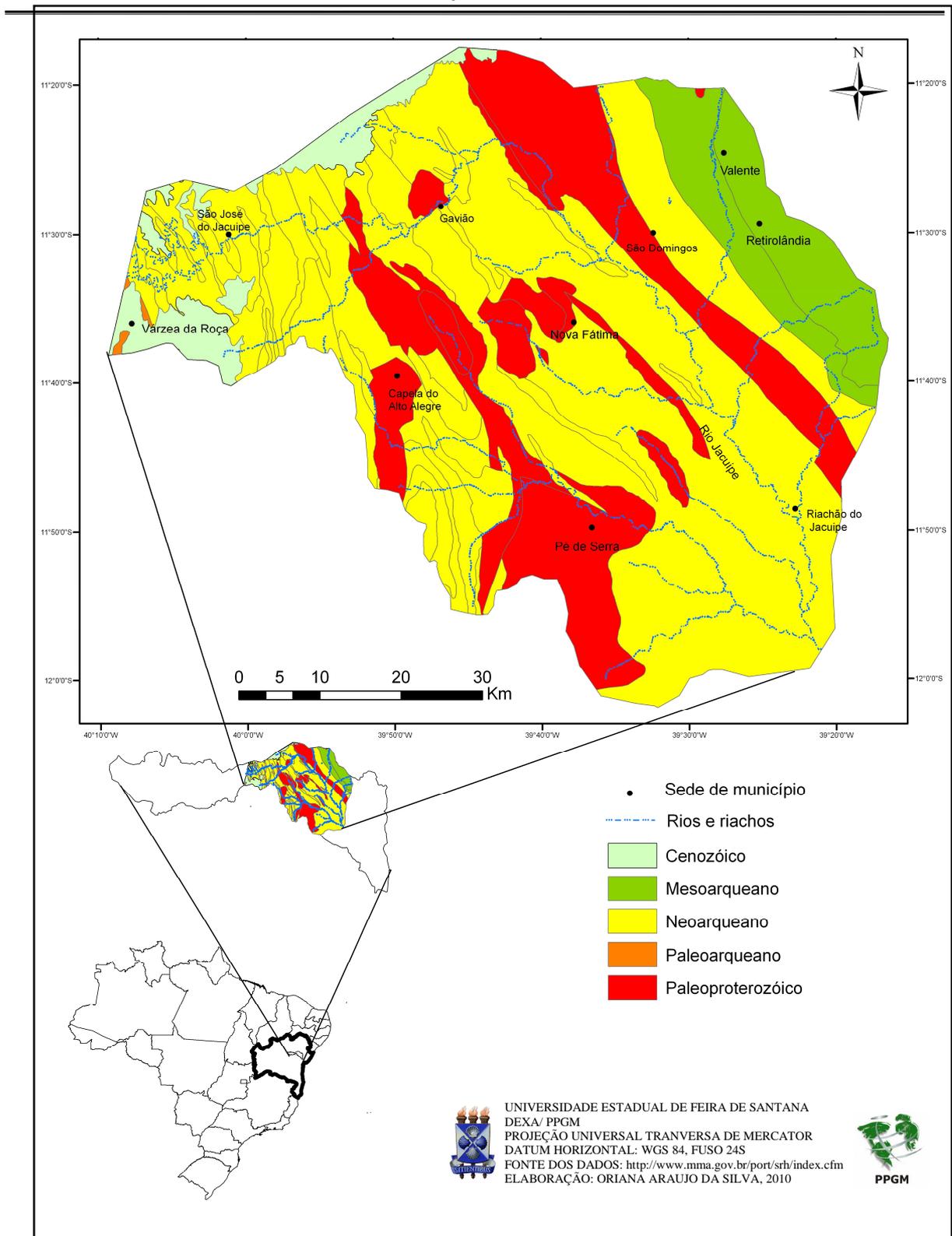


Figura 2.10 – Eras geológicas das litologias que ocorrem no médio Jacuípe.

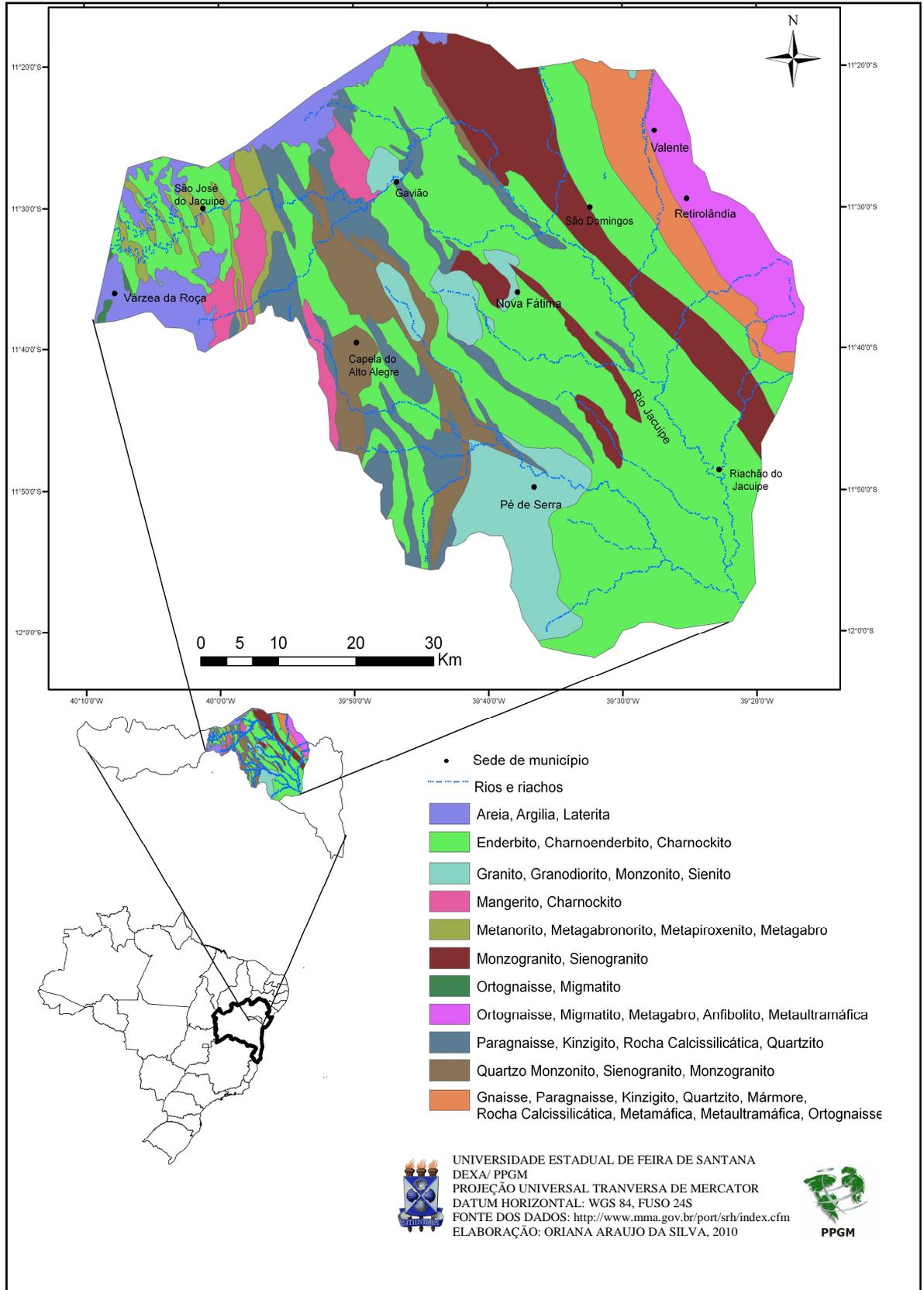


Figura 2.11 – Mapa das litologias do médio Jacuípe.

O mapa de solos (**Figura 2.12**), após o trabalho de edição, resultou em quatro grandes tipos de solos que ocorrem no médio Jacuípe: i) Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd); ii) Neossolo Litólico eutrófico (RLe); iii) Neossolo Regolítico eutrófico (RRe); e iv) Planossolo Háptico eutrófico (SXe).

As cores utilizadas para a edição do mapa foram indicadas pelo IBGE (2005): LVA (R247; G209; B166); RL (R150; G149; B149); RR (R207; G206; B206); SX (R181; G214; B174).

O mapa demonstra que há predominância do Planossolo háptico eutrófico, que

Compreendem solos minerais, imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve que contrasta abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente, adensado e geralmente com acentuada concentração de argila, com permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo por vezes um horizonte “pã”, que é responsável pela detenção do lençol d’água sobreposto (suspensão), de existência periódica e presença variável durante o ano. (IBGE, 2005, p. 280).

Essas características do Planossolo, por um lado auxilia a retenção de parte das águas das chuvas, devido à presença das argilas. Entretanto, em cenários ambientais como o que atualmente se encontra nesse trecho da BHJ, o acúmulo da água nos horizontes superficiais facilita a erosão em lençol ou laminar, que carrega parte dos nutrientes do solo. Dessa forma, confirma-se no médio Jacuípe a indicação de Guerra e Botelho (1998), que os Planossolos possuem alta susceptibilidade à erosão.

Em suas pesquisas, Cândido *et alii* (2009) concluíram que:

O nível de degradação ambiental severo aparece principalmente nas áreas dos Estados onde se encontram os solos do tipo Bruno-não-cálcicos. O nível de degradação ambiental acentuado está mais relacionado às áreas de solos Litólicos, ou seja, solos mais recentes e em fase de desagregação da rocha que lhe deu origem. (CÂNDIDO *et alii*, 2009, p. 03)

Numa classificação mais geral, Sá *et alii* (2004, p.28) acrescentaram que “No sertão central da Bahia e nos sertões de Alagoas e Sergipe o modelado é pouco dissecado, com ocorrência de solos rasos, que apresentam problemas de salinidade. A vegetação é de caatinga hipoxerófila, com trechos de floresta caducifólia.”

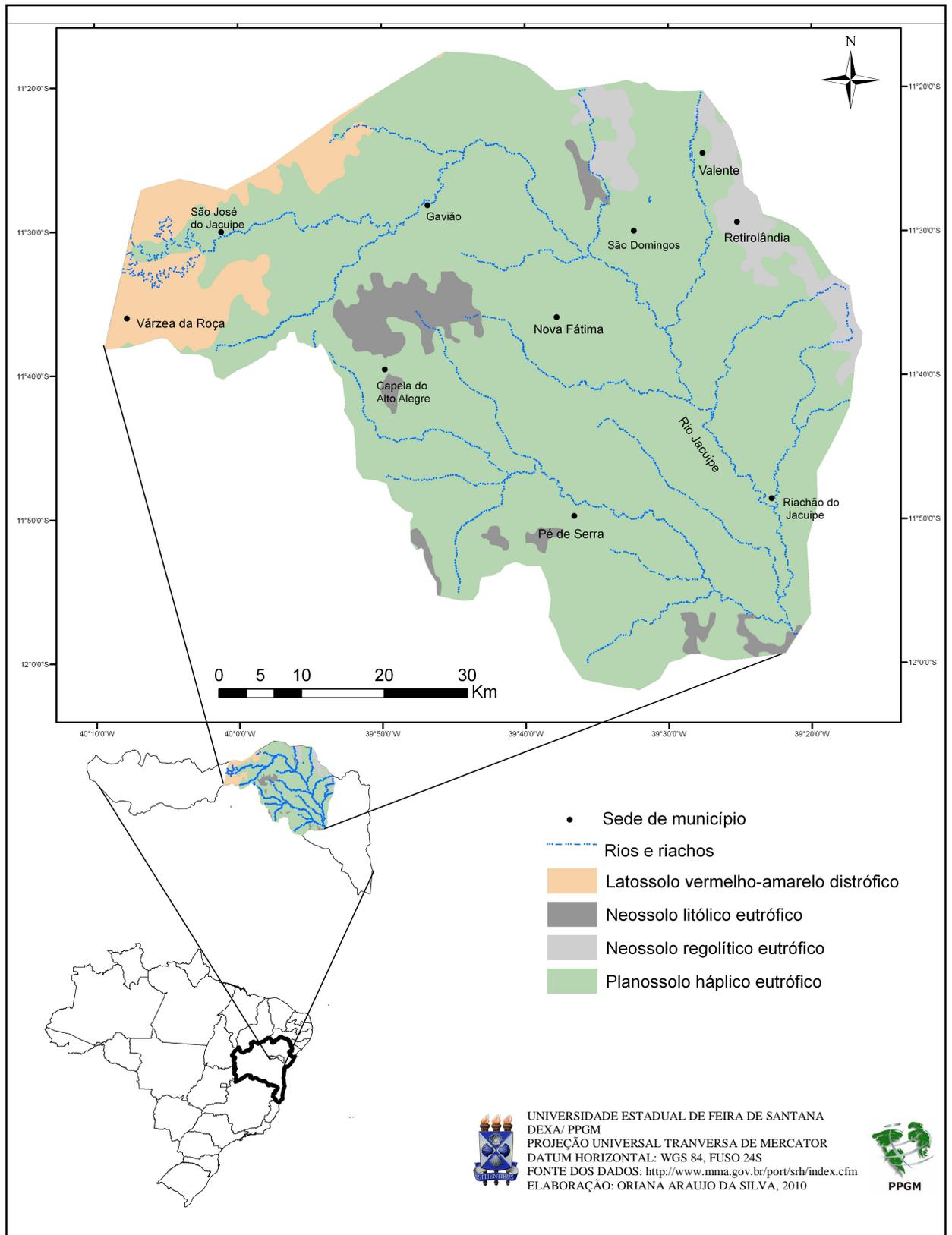


Figura 2.12 – Mapa de solos do médio Jacuípe.

Entretanto, no que tange à questão de que o modelado é pouco dissecado, no caso do médio Jacuípe, deve-se considerar que a pedogênese tem sido dificultada pela retirada da cobertura vegetal natural dos solos, favorecendo os processos erosivos, de modo que há tendência de perdas de nutrientes e de solos agricultáveis, bem como da “exumação” do Embasamento Cristalino.

Sabe-se que a cobertura vegetal favorece a pedogênese, uma vez que possibilita a infiltração das águas e promove o intemperismo químico, grande responsável pela formação dos solos e que, associado a isso, os microorganismos, que também ajudam a desenvolver os solos, não se estabelecem em áreas desnudadas.

Nesse sentido, o pediplano sertanejo, no médio Jacuípe, devido a razões naturais (clima semi-árido) e antrópicas (retirada da vegetação natural), está numa fase posterior à do aplainamento, que se caracteriza pela deposição de sedimentos, uma vez que a exumação do Embasamento Cristalino funda-se na erosão, num processo de dissecação do relevo.

Um dos principais problemas decorrentes da degradação do ambiente no médio Jacuípe é a perda de nutrientes do solo, que resulta da retirada da cobertura vegetal e exposição dos solos aos processos erosivos. Observe-se que nos períodos de estiagem prolongada as pastagens possuem o aspecto demonstrado na **Figura 2.13**.

Aproximando-se do que Guerra (2007) discutiu sobre a erosão, sabe-se que a área estudada, devido ao caráter de intermitência e torrencialidade das chuvas, associadas à presença de argilas, são propensas à erosão laminar, uma vez que a velocidade que o fluxo adquire possibilita não apenas a desagregação e solubilização de minerais, como também o seu transporte, processo esclarecido por Guerra (2007, p.18): “[...] os agregados vão preenchendo os poros da superfície do solo, provocando a selagem e a conseqüente diminuição da porosidade, o que aumenta o escoamento das águas.”.

Nota-se que o problema da erosão no sertão não pode ser superestimado, para que se busque a promoção da educação ambiental, com vistas à adoção de técnicas que visem à conservação dos solos e do ambiente, ao invés da exumação do substrato rochoso adjacente.

Ressalta-se que apesar da área do médio Jacuípe ser bastante aplainada, existem vários micro-divisores d’água que direcionam os fluxos hídricos, com potencialidade de transporte dos minerais atrelada à torrencialidade das chuvas. Essa assertiva pode ser

comprovada pelo fato de os proprietários de terra aproveitarem os períodos de estiagem prolongada, em que os tanques (reservatórios) secam, para limpá-los, ou seja, removerem o material que foi transportado e depositado nos tanques durante o período chuvoso. Claro está que fazem esse procedimento estrategicamente para evitar o assoreamento dos reservatórios.



Figura 2.13 - Pastagem degradada - em período seco.

Reflexo da perda de nutrientes do solo, a queda da produtividade (relação área plantada - quantidade colhida) do sisal atrela-se ao “enfraquecimento das terras”, segundo o conhecimento do sertanejo, que, salvo raras exceções, de alguns produtores rurais que tentam adubar o solo usando resíduo do sisal ou esterco animal, tendem a abandonar progressivamente a área do sisalal, destinando-a à pastagem.

Os pedimentos funcionais prevalecem na área estudada, cuja superfície varia de plana a suave ondulada. A rede de drenagem incipiente ‘retoca’ o modelado e chega a expor, a partir de planos de corrosão nas áreas desflorestadas, os horizontes subsuperficiais dos solos rasos e até mesmo o embasamento cristalino, num processo de aplainamento de corrosão –etchplanação – da área (PASSOS e BIGARELLA, 1998).

Além dos pedimentos (**Figura 2.14**) e do pediplano, ocorrem pequenas serras e maciços, conforme o mapa de geomorfologia (**Figura 2.15**) e o mapa de hipsometria

demonstram (**Figura 2.16**), que são os inselbergs, estruturas rochosas remanescentes do antigo escudo cristalino.

Os inselbergs destacam-se na paisagem do médio Jacuípe, ocorrendo como campos de inselbergs ou ainda como monoblocos, a exemplo do inselberg de Pé de Serra (**Figura 2.17**), no qual os agentes intempéricos, com destaque para a ação eólica, esculpiram uma “pequena caverna” denominada tafoni (BIGARELLA, 1994).

As formas do relevo influenciam o grau de declividade e conseqüentemente a velocidade do escoamento superficial, já bastante significativa sob as condições de semi-aridez da área, denotada na concentração e torrencialidade das chuvas em poucos períodos do ano. Isto associado ao constante processo de retirada/substituição da vegetação nativa, pode ser parte da explicação acerca do assoreamento diagnosticado no campo, em vários trechos do rio Jacuípe nessa área, conforme demonstrado na **Figura 2.18**.

Constata-se, portanto, que o rio Jacuípe, principal rio da bacia homônima, é um rio intermitente (**Figura 2.19**). Pode ser considerado influente uma vez que a água de seu leito é absorvida pelo subsolo e pelo solo das adjacências (CUNHA, 2003).



Figura 2.14 - O pediplano sertanejo. Ao fundo, nota-se os inselbergs. Observar o aspecto da pastagem no primeiro plano.

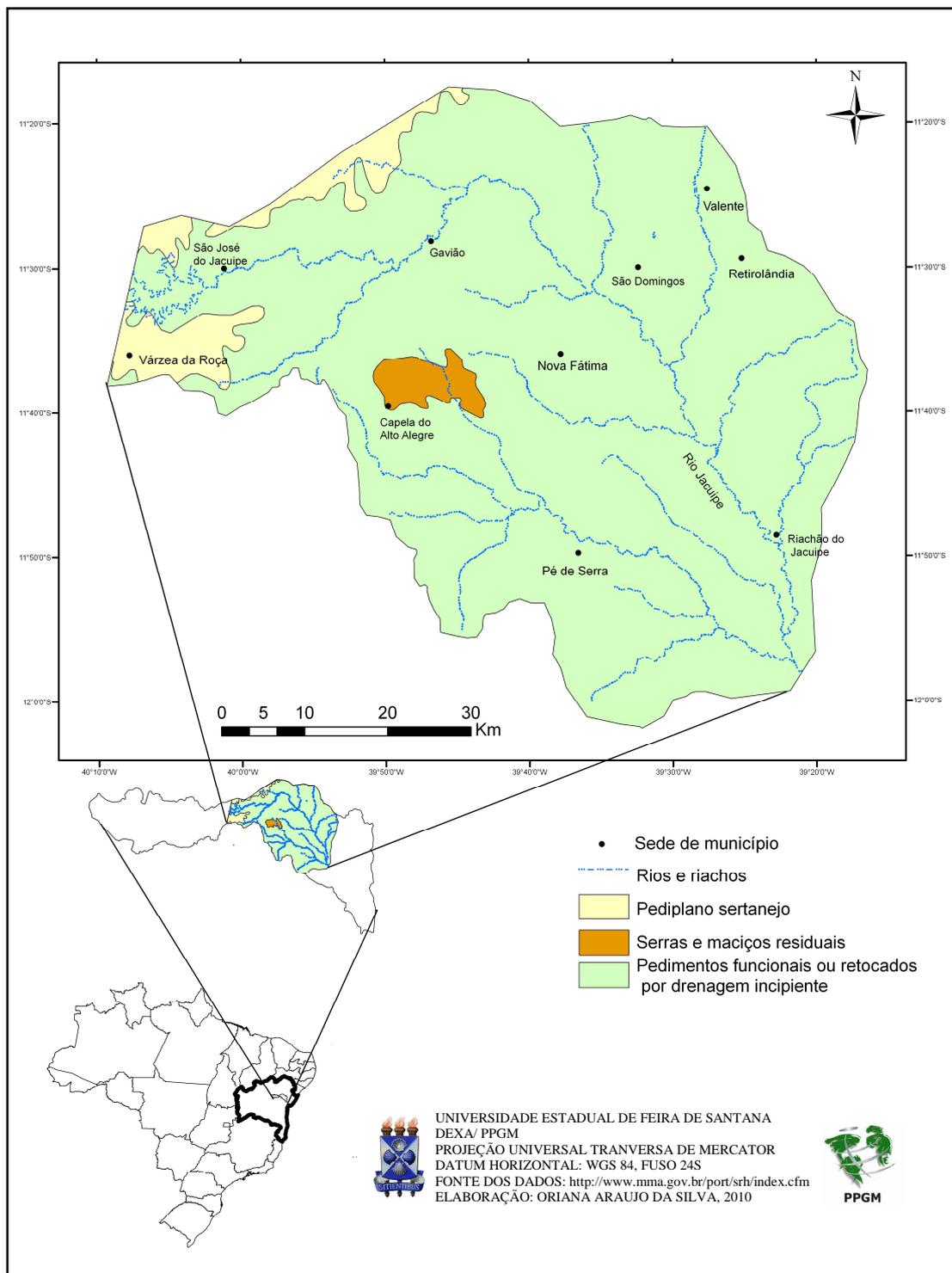


Figura 2.15 - Mapa de Geomorfologia do médio Jacuípe.

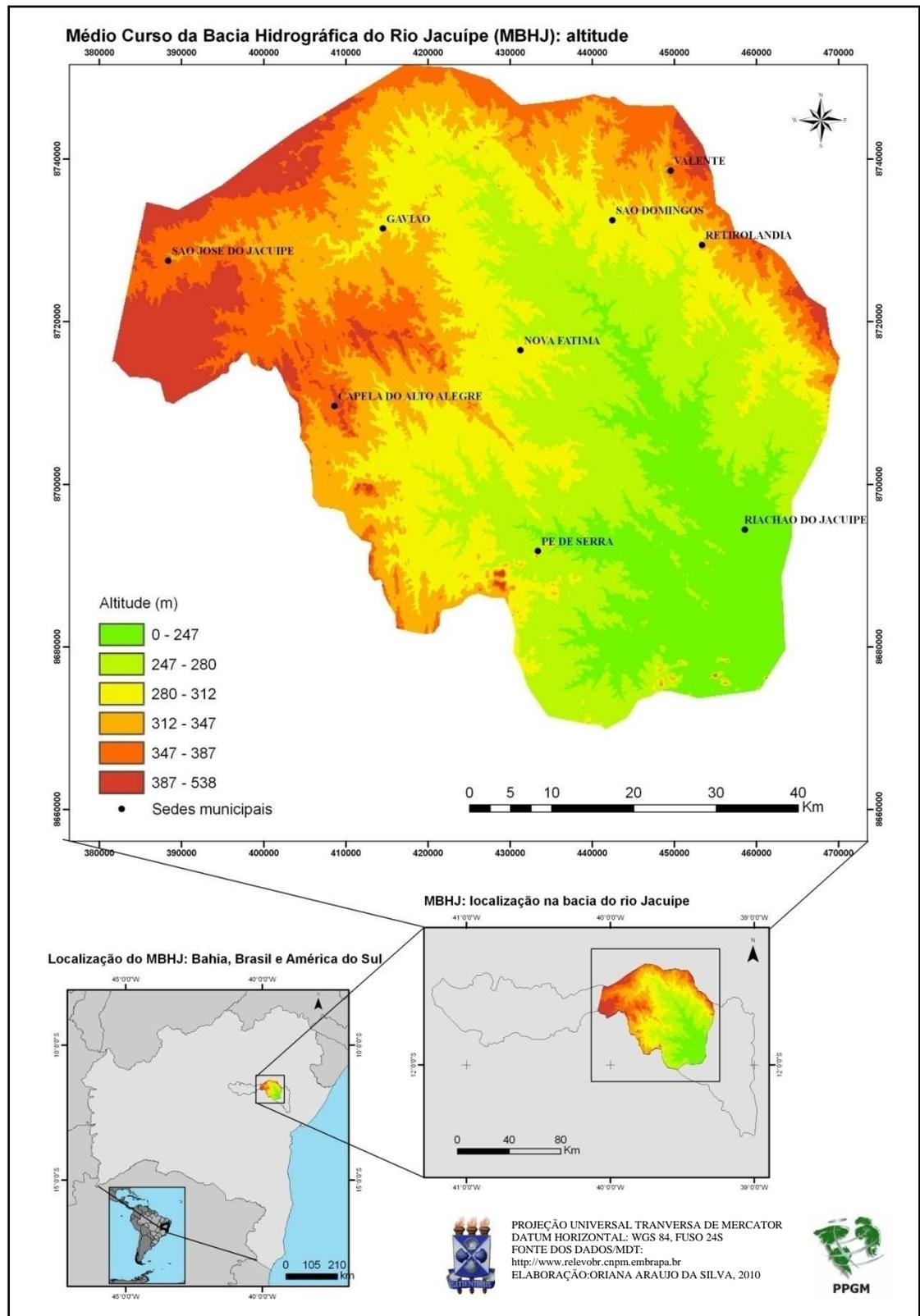


Figura 2.16 - Mapa de Hipsometria do médio Jacuípe.

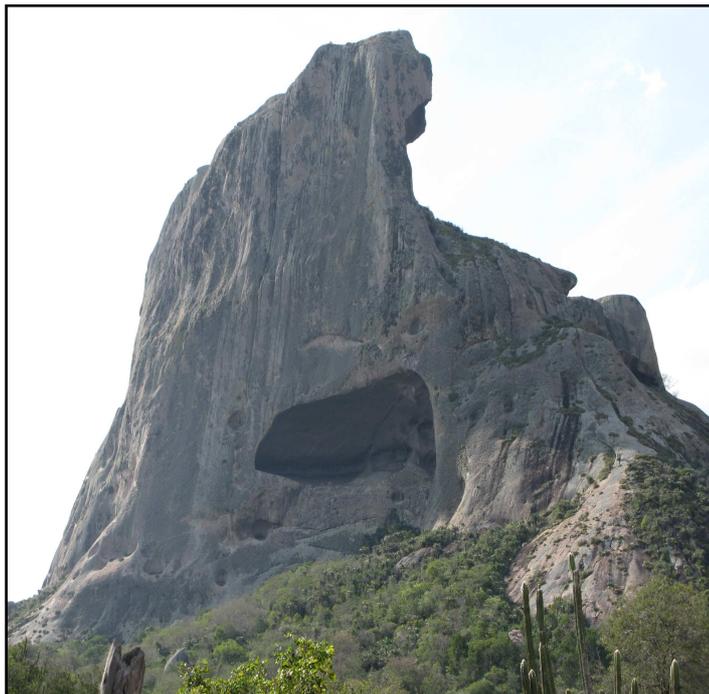


Figura 2.17- Inselberg da cidade de Pé de Serra. Destaca-se o tafoni esculpido pela erosão eólica.



Figura 2.18 - Leito seco do rio Jacuípe. Percebe-se o entulhamento do leito e seu alargamento.

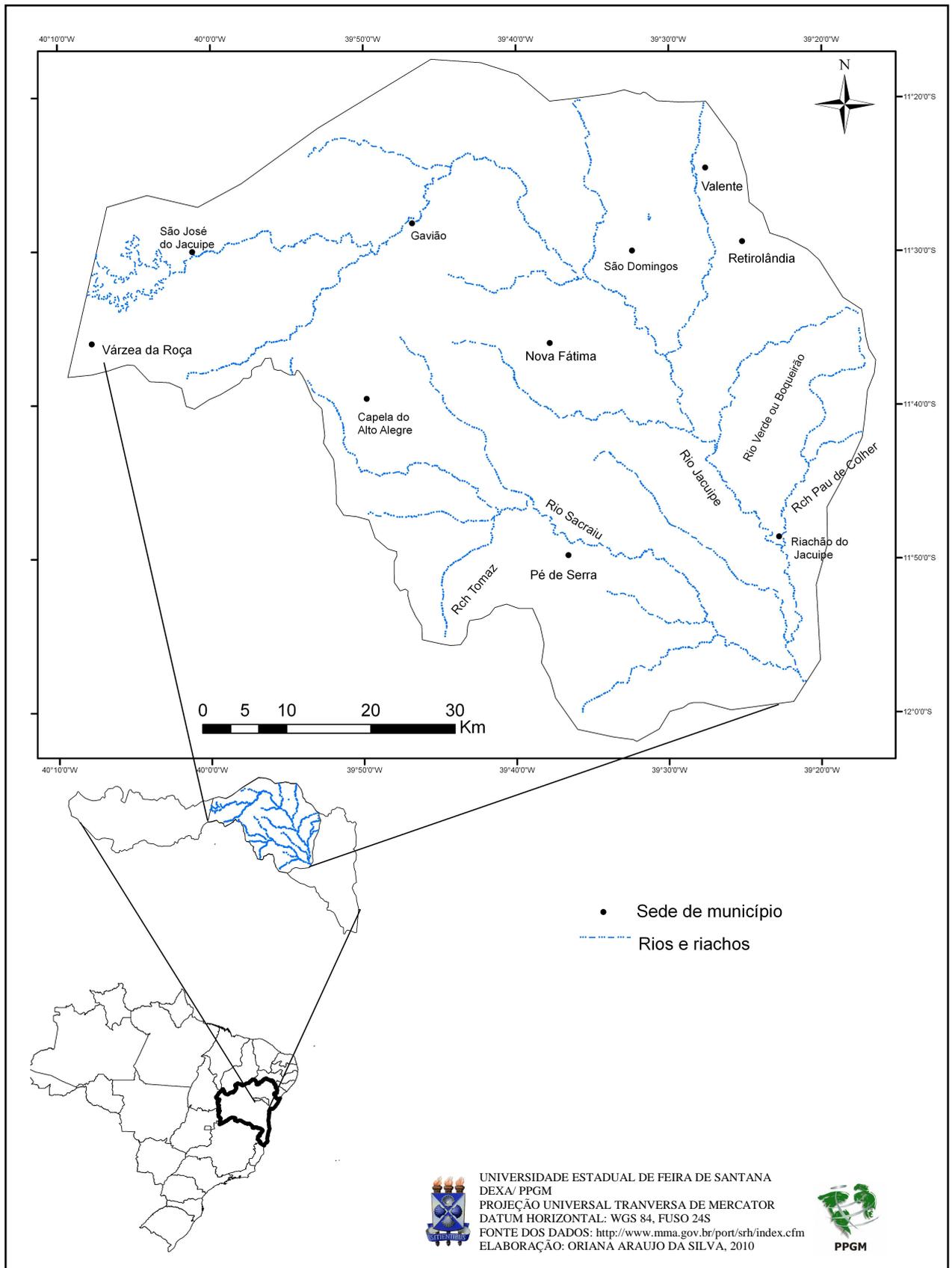


Figura 2.19 – Rede hídrica principal do médio Jacuípe.

Durante a maior parte do ano, seu leito não possui fluxo corrente, entretanto, devido às barragens, em alguns lugares suas águas ficam represadas e, portanto, com um pequeno fluxo.

A interação com a atmosfera quente resulta num forte processo de evaporação, ao ponto de suas águas represadas apresentarem forte quantidade de sais, sendo inapropriada para a dessedentação de animais (em prolongados períodos secos), que consiste num dos usos principais das águas do Jacuípe no seu médio curso.

2.6 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA DOS PROCESSOS DE OCUPAÇÃO NO MÉDIO JACUÍPE

Rio Jacuípe (Jacuhy, jacu-y) significa ‘rio dos Jacus’, e pode também proceder de Yacui, o “rio enxuto” ou “rio temporário” (IBGE, 2010).

O jacu (*Penelope superciliaris*) é uma ave emblemática do médio curso (**Figura 2.20**), ao ponto de em alguns municípios pesquisados, o grupo vencedor das eleições ser chamado de carcará (*Polyborus plancus*) que é um gavião; e o grupo derrotado nas eleições ser chamado de jacu – o que denota a facilidade que se tinha de abater essas aves. Hoje, é cada vez mais raro encontrar o jacu no médio Jacuípe.

O nome dado ao rio demonstra a perspicácia e o conhecimento indígena sobre a natureza, já que sabiam da interrupção do fluxo d’água do rio ‘enxuto/temporário’, que persiste até os dias atuais.

Na análise das adições e subtrações dos elementos que constituíram as paisagens do médio Jacuípe, considerou-se as atividades humanas, especialmente as atividades agrícolas, além do exame do contingente populacional por município, da criação dos municípios, procurando apreender ainda elementos culturais que possam ter contribuído com a degradação ambiental na área. Além disso, observou-se a interação entre a sociedade e os elementos naturais como os climáticos, a declividade, os tipos de solo, a rede hidrográfica.

Entretanto, compreender a dinâmica entre a sociedade e a natureza que conduziram ao padrão espacial atual no médio Jacuípe não é tarefa simples, porque envolve uma reconstrução da história ambiental da área, relacionando-a às atividades preferenciais dos povos que passaram a habitar o médio Jacuípe.



Figura 2.20 – Fotografia da ave Jacu (*Penelope superciliaris*).

Fonte: <http://www.google.com/imgres?imgurl=http://www.portalsaofrancisco.com.br>.

A ocupação do sertão se deu a partir do avanço da pecuária, “liberando” as terras férteis da Zona da Mata para o plantio de cana-de-açúcar. O avanço da criação de gado para o interior da Bahia deu-se com o estabelecimento de grandes fazendas no sertão, destinadas à criação de gado. Nesse período, a figura do tropeiro – o negociante (ou criador), que tocava as tropas criadas no sertão para a comercialização em cidades prósperas, no litoral, ou no agreste, a exemplo de Salvador, Cachoeira e Feira de Santana era marcante, daí resultam relatos acerca da existência de uma caatinga densa, fechada, que “impedia” a chegada do “progresso”.

A respeito do processo histórico de ocupação dessa área o IBGE (2010) destaca o processo de cessão de terras no período colonial e estratégia de ocupar o sertão com a pecuária bovina, que possibilitava o domínio de faixas amplas de terra com uso mínimo de mão de obra:

A casa da ponte era o centro de uma propriedade de 160 (cento e sessenta) léguas do morro do chapéu até o rio das Velhas e pertencia a Antônio Guedes Brito, primeiro Conde da Ponte. Era doação do rei de Portugal em retribuição aos serviços prestados por seu pai na expulsão dos holandeses e a ele mesmo, concedendo-lhe o título de Mestre de Campo e Regente do São Francisco. Ele deveria expulsar ladrões de gados, contrabandista de ouro, negros aquilombados e outros aventureiros. As terras do Conde da Ponte limitavam-se no município de Riachão do Jacuípe com as propriedades de João Veigas Peixoto, a terceira maior fortuna fundiária da Bahia no período colonial.

Dessas sesmarias foi desmembradas uma área de terra para João dos Santos Cruz, que a transformou numa fazenda de criação de gado denominada Riachão. (IBGE, 2010, p. 01)

Do ponto de vista do povoamento, é bastante antigo e de acordo com Rios (2003), pode-se afirmar que parte da área dessa pesquisa era conhecida como Sertão dos Tocós – não se sabe se devido ao nome de um rio próximo à Riachão do Jacuípe ou talvez pela suposta existência de um grupo indígena extinto, denominado Tocós, que teria inspirado o nome do rio. O fato é que o primeiro registro histórico encontrado pela autora foi uma declaração das terras de Guedes de Brito em 1676, registrada na Revista do Instituto Geográfico e Histórico da Bahia (1916) apud Rios (2003, p.20-21): “[...] entre os rios Jacuípe e Itapicuru, por eles acima, por serem os ditos Tocós muito faltos de água, haverem muitos matos, caatingas infrutíferas (...).”

Nota-se que o registro que trata da posse de terras no século XVII destaca a falta de água e a ocorrência de **‘matos, caatingas infrutíferas’**. Essa mentalidade prevalece até o século XXI, numa repetição de manejo das fazendas, semelhante ao que se realizou quando da ocupação da área, a partir da derrubada do ‘mato’ e da caatinga, considerada inútil. Nesse sentido, Miranda (1984), indicou que:

A situação das caatingas é paradoxal sob muitos aspectos. Vegetação frequentemente exuberante e extremamente diversificada, ela vem sendo apresentada de modo simplista e estereotipado. Vegetação utilizada de forma intensa e multiforme pelas populações locais, ela é frequentemente apresentada como inóspita, impenetrável e às vezes até como inútil. (MIRANDA, 1984)

Até mesmo estudiosos do semi-árido brasileiro, destacam a importância da pecuária como ‘única’ atividade possível no período colonial, nas áreas de ocorrência de secas, a exemplo do que mencionou Campos (1996):

As condições adversas do Semi-Árido, sujeito a secas periódicas, retardaram muito o início da ocupação portuguesa dos sertões. Até a primeira metade do século XVII, o domínio das áreas secas do interior do Nordeste, de Pernambuco ao Ceará, era dos índios. A partir de então e de forma bastante lenta, teve início o processo de ocupação, com o desenvolvimento da pecuária, única atividade possível na região das caatingas. (CAMPOS, 1996, p. 265)

O resultado dessa ‘racionalidade’ na ocupação do espaço foi a redução da caatinga no médio Jacuípe, carente de estudos para constatar o seu estágio de desenvolvimento (primário ou secundário).

A respeito do processo de ocupação do nordeste brasileiro, Pinto (1984) destacou:

As vacas, os cavalos, as cabras e as ovelhas se interiorizaram, levadas pelos pastores que, num nomadismo conquistador, alcançaram novas áreas onde a vegetação nativa era o suporte alimentar, e a ação seletiva contínua dos animais recém-introduzidos iniciou um trabalho profíquo de quebra do equilíbrio ecológico. O índio, dominado, tornou-se o vaqueiro exímio e adentrou com os rebanhos sob sua guarda os sertões ínvios que ele conhecia; o escravo negro foi trazido para as lides agrícolas e varou menos as caatingas, mas trouxe consigo, também, hábitos devastadores. Estava iniciada a verdadeira derrocada ecológica antrópica. (PINTO, 1984, p. 195)

Segundo SEI (2001), os caminhos do povoamento no século XVII, na Bahia, priorizavam os vales dos rios. Na **Figura 2.21** destaca-se (em vermelho) o caminho projetado a partir do rio Jacuípe, denotando que essas rotas de viagem prioritárias em estradas próximas aos leitos de rios começaram a ser alteradas há muitos anos, de modo que não se pode afirmar sem estudos botânicos que a cobertura vegetal da atualidade corresponde a caatingas primárias no médio Jacuípe, principalmente considerando-se que a prioridade da ocupação era derrubar a caatinga para ‘beneficiar’ a área, razão pela qual Pinto (*op.cit*) referiu-se a uma ‘derrocada ecológica antrópica’.

O **Quadro 2.2** demonstra o processo de criação dos municípios cujas sedes situam-se no médio Jacuípe, que indica o incremento populacional no médio Jacuípe, uma vez que os municípios emancipam-se apenas quando há um contingente populacional razoável e alguma dinâmica econômica interna. Embora os municípios sejam de pequeno porte, provocam mudanças sensíveis na cobertura da terra, a exemplo do que ocorre com Riachão do Jacuípe (**Figura 2.22**), que se situa às margens do rio Jacuípe.

Exemplo de uma postura descuidada com o espaço de vivência, o rio em cidades como Riachão, deveria ter suas matas ciliares preservadas, uma vez que legalmente constitui-se numa área de preservação permanente. Ainda, poderia ter uma parte utilizada como espaço público para realização de caminhadas e para a prática do ciclismo, dentre outros, garantindo maior qualidade de vida à população.

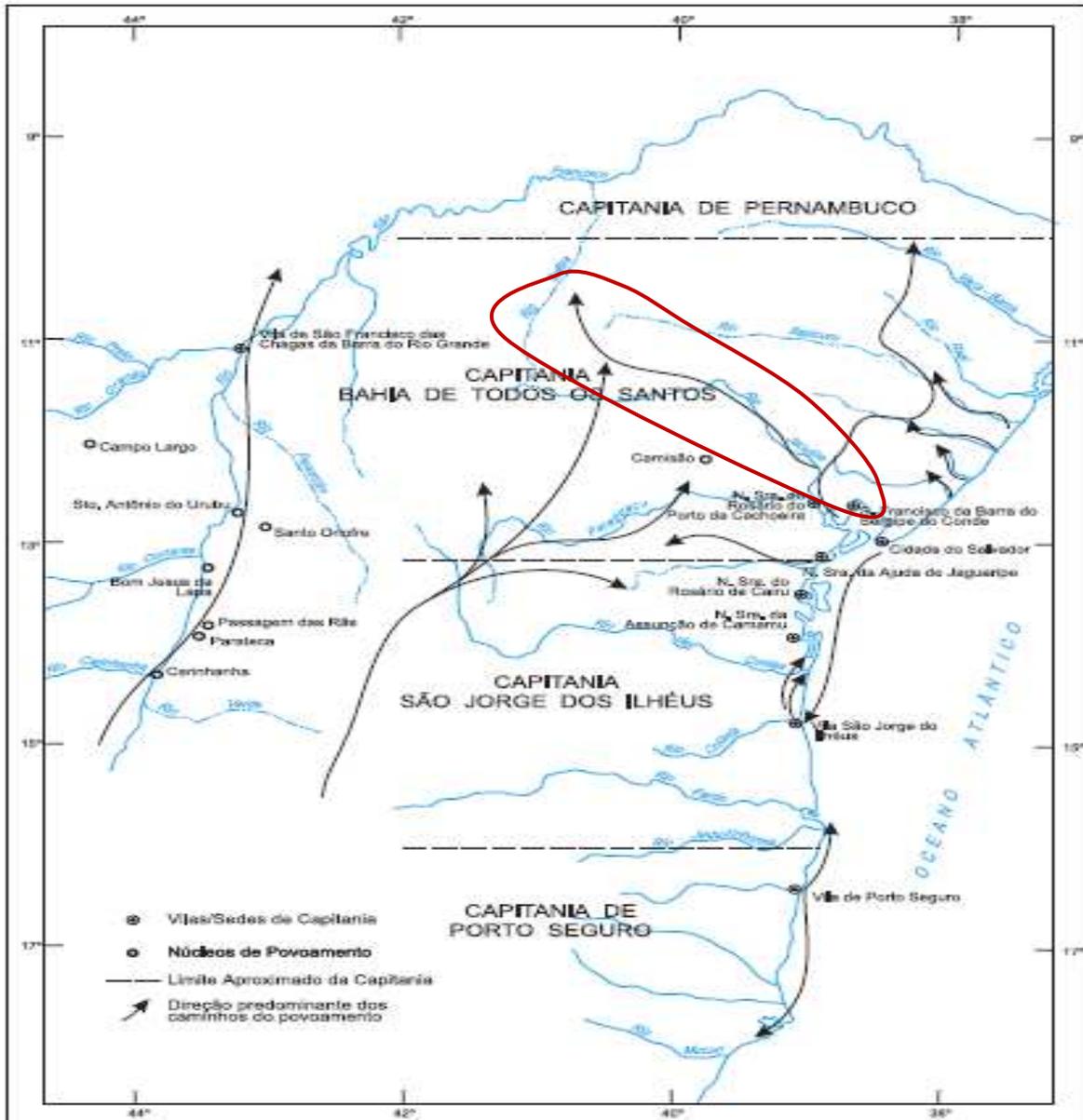


Figura 2.21 - Caminhos do povoamento na Bahia - século XVII. Fonte: SEI (2001, p.43)

Conforme demonstra a **Figura 2.23**, a população por município apresentou declínio, de modo geral, mesmo considerando-se os desmembramentos municipais para a criação de novos municípios, o que pode ser explicado, em parte, pela estagnação econômica que impulsiona a migração, associada a baixos índices de desenvolvimento humano – inferiores a 0,500 – de acordo com o estudo de Silva (2006).

Considerando-se a população total aproximada nos municípios do médio Jacuípe e sua relação com a área total do médio Jacuípe, obtém-se uma densidade demográfica aproximada de 28 hab./km², o que corrobora as discussões acerca do fato de que o semi-árido nordestino brasileiro é um dos mais habitados do mundo.

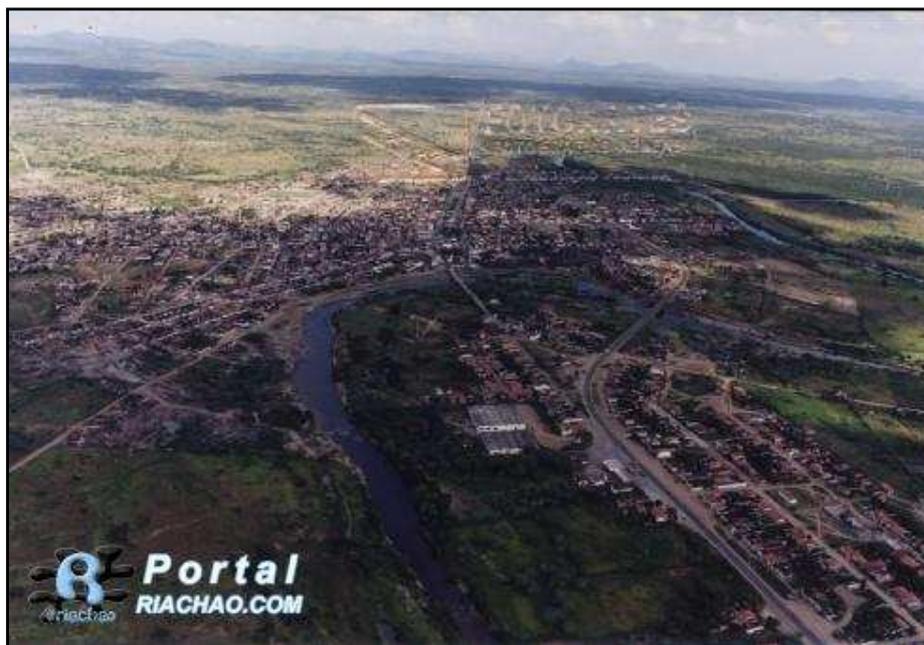


Figura 2.22 – Vista aérea de Riachão do Jacuípe (2007)

Fonte: http://www.riachao.com/modules.php?name=gallery2&g2_itemId=83

Quadro 2.2 – Ano de emancipação dos municípios do médio Jacuípe.

MUNICÍPIO	ANO DE EMANCIPAÇÃO	MUNICÍPIO DE ORIGEM
Riachão do Jacuípe	1933	Jacobina (Vila de Nossa Senhora da Conceição de Riachão do Jacuípe)
Nova Fátima	1989	Riachão do Jacuípe
Gavião	1985	Riachão do Jacuípe
Capela do Alto Alegre	1985	Riachão do Jacuípe
Pé de Serra	1985	Riachão do Jacuípe
Valente	1958	Conceição do Coité
São José do Jacuípe	1989	Capim Grosso
Várzea da Roça	1985	Mairi
Retirolândia	1962	Conceição do Coité
São Domingos	1989	Valente

Fonte: Elaborado pela autora, a partir de: SEI 2001, p. 85-86.

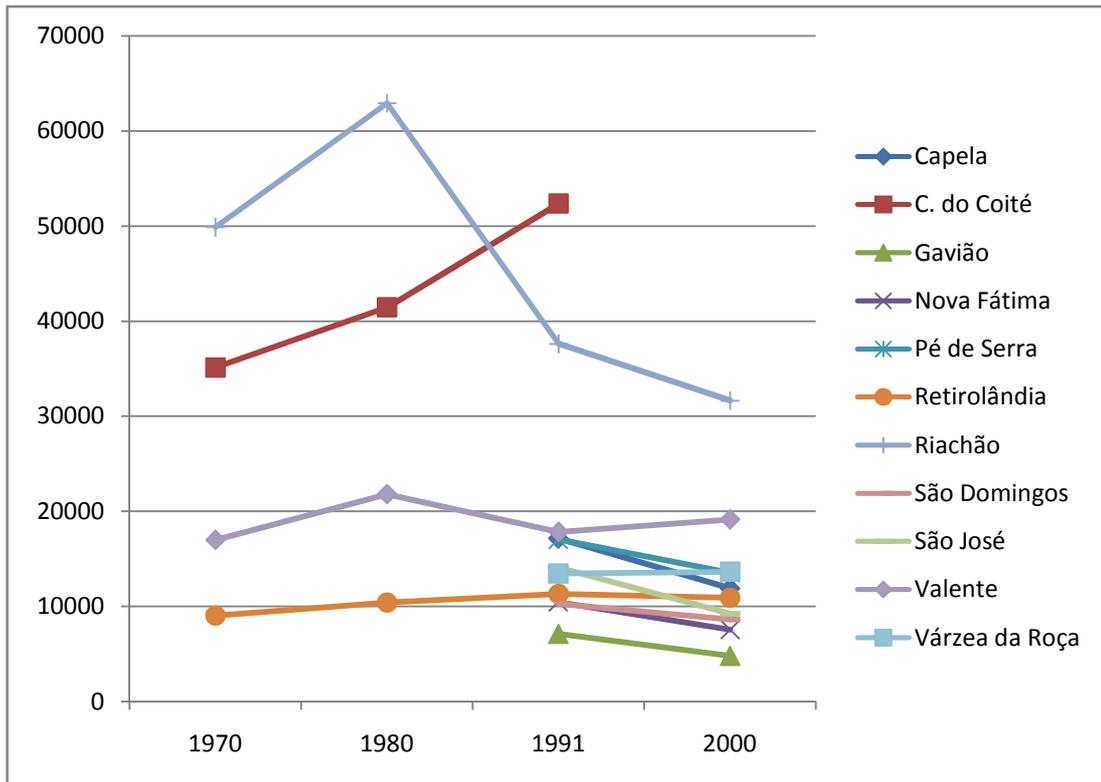


Figura 2.23 – População total do médio Jacuípe.

Fonte: Fonte: <http://www.sidra.ibge.gov.br>

Inegavelmente, os municípios pesquisados possuem a sua gênese e desenvolvimento econômico associados à pecuária bovina extensiva e ao cultivo do sisal e produção de seus derivados. Esse fato foi confirmado em trabalho de campo nos municípios pesquisados, a partir da detecção de sisalais cultivados (**Figura 2.24**) e abandonados (**Figura 2.25**), que impregnam à paisagem certa ‘monotonia’, devido à repetição das pastagens e dos sisalais.

Desde os escritos antigos, o sertão dos Tocós eram assim descritos: “Eis o que era o sertão dos Tocós em 1723. Uma porção de sítios de lavoura e criação, a pequena distancia uns dos outros (...) que separados por pequena distancia entre si, se ligavam pela comunidade de interesses de seus habitantes.” (ARAÚJO, 1926, citado por RIOS, 2003, p. 21).

Note-se que se o autor estiver correto, pode-se inferir que a sesmaria dos Tocós fora dividida em propriedades médias e pequenas, o que teria possibilitado o crescimento populacional verificado nessa área. Entretanto, sabe-se que a realidade fundiária no século XX e início do século XXI tendeu à concentração das terras em poucas grandes propriedades.

As pastagens, notadamente voltadas à criação de bovinos, embora haja a criação de ovinos e caprinos, constituem-se na principal atividade rural dos municípios pesquisados.



Figura 2.24 – Campo de sisal.



Figura 2.25 – Campo de sisal em processo de abandono.

Os dados disponíveis (IBGE, 2008), apresentados pela **Figura 2.26**, indicam que o rebanho bovino no médio Jacuípe é superior a 200.000 cabeças desde 1980, superando as 275.000 cabeças em 1987. Esse fato deve ser um dos responsáveis pela sensível retirada da cobertura vegetal entre os anos de 1980 e 1987, conforme se observou na classificação das imagens de satélite. Houve uma queda no número de cabeças de gado no ano de 1997, seguida de recuperação até 2006 (240.218 cabeças), conforme demonstra o gráfico.

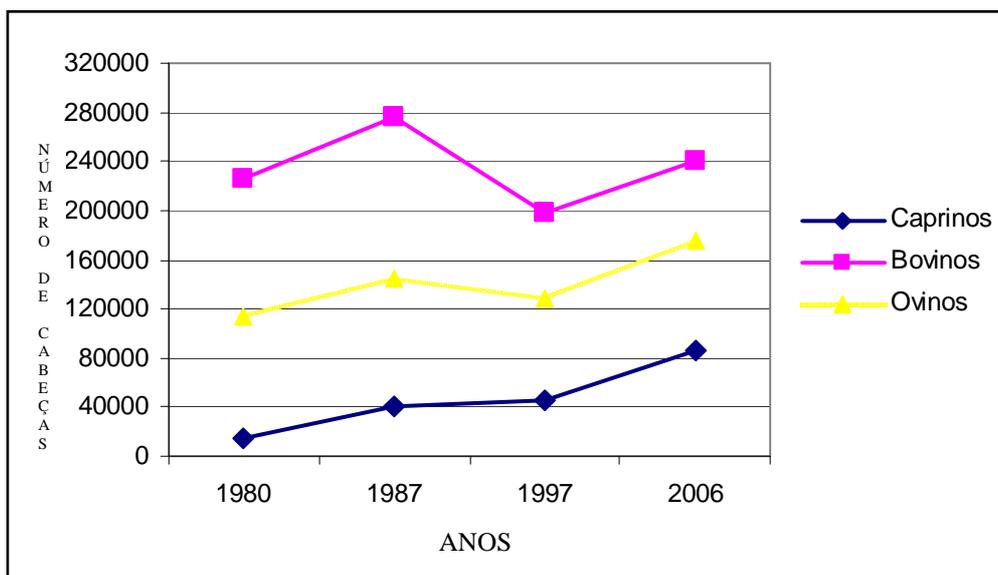


Figura 2.26 – Médio Jacuípe: Evolução do rebanho bovino, ovino e caprino (1980 a 2006). Fonte: <http://www.sidra.ibge.gov.br>

Desde 1980, observa-se que a ovinocultura é uma forte atividade no médio Jacuípe, com um rebanho de mais de 110.000 cabeças; entre 1980 a 1987 houve um incremento de aproximadamente 30.000 cabeças de ovinos, seguido de declínio em 1997, para aproximar-se das 180.000 cabeças em 2006.

O rebanho caprino na década de 80 possuía menos de 15.000 animais, muito pouco em relação ao bovino e ao ovino, contudo, triplicou até 1987 quando superou os 40.000 animais e, a partir de então, ao contrário do que aconteceu com o rebanho bovino e ovino, a atividade cresceu, dobrando o rebanho entre 1997 e 2006, quando contava com pouco mais de 40.000 animais, para mais de 86.000 cabeças em 2006.

Percebe-se que o crescimento da pecuária bovina, ovina e caprina no médio Jacuípe foi intenso, notadamente para o rebanho caprino e ovino, com uma leve diminuição do bovino.

Isso significa que houve aumento da pressão por pastagens que, conseqüentemente, devido às técnicas tradicionais utilizadas na pecuária, a exemplo do sistema extensivo de criação, conduziu à retirada da cobertura vegetal, causando parte das mudanças diagnosticadas na modelagem do uso e da cobertura da terra no médio Jacuípe.

Quanto à taxa de lotação (relação entre o número de animais e a área ocupada), Oliveira (1984) indicou que o excesso de animais conduz à retrogressão da vegetação, reduzindo espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas, já observada no médio Jacuípe.

Outro uso da terra que deve ser destacado é a cultura do sisal. Em consulta à SEI (2008)⁷, percebeu-se que a atividade sisaleira vem tomando novo fôlego no contexto da produção agrícola do Estado da Bahia. Em 2002, num ranking dos 20 principais produtos agrícolas baianos (de acordo com o valor bruto da produção), o sisal correspondia ao 16º produto, saltando para o 13º em 2006, o que indica a recuperação, nessa década, da atividade sisaleira.

A importância do cultivo do sisal na economia baiana foi ressaltada por Petitinga (1999, p.32), quando indicou que: “Até fins dos anos 70, a dinâmica da agricultura baiana tinha como base a exportação e a agroindustrialização/exportação de produtos como cacau, cana-de-açúcar, café, sisal, fumo, algodão e mamona, dentre outros de menor importância.”

⁷ http://www.sei.ba.gov.br/images/bahia_sintese/bahia_numeros/xls/ind_eco/agro_int3.xls. Acesso em 29/10/2008.

O período referido e até meados de 1980 tornou o sisal conhecido como o “ouro verde do sertão”, atraindo para a região sisaleira diversos trabalhadores. Entretanto, na década de 1980, a atividade sofreu um declínio devido à queda de preços resultante da concorrência mundial com a fibra sintética – o prolipopileno (SANTOS, 2007).

Viana (2001) indicou que relativamente, devido a programas do Banco do Nordeste e da SEAGRI, entre 1996 a 1999, houve aumento de 39,5% da área plantada de sisal, estimando que tal aumento ocorreu devido à implantação de fábricas de fios – a Sisalândia em Retirolândia e a Cisnel em Valente -, processando 300 t e 80 t de fibra e empregando 120 e 80 pessoas, respectivamente. O autor destacou ainda a ampliação das atividades da APAEB, em Valente: “(...) que trabalha com o beneficiamento industrial e produção de artesanato, alcançando os mercados nacional e internacional, e constituída exclusivamente por pequenos produtores da região sisaleira, gerando cerca de 700 empregos diretos” (VIANA, 2001 p. 18).

A retomada da atividade por diversos produtores e a sua manutenção – mesmo no período de crise mais intensa – é responsável pela cobertura vegetal no trecho NNE do médio Jacuípe, que se manteve mais ou menos constante desde 1987. Entretanto, convém reiterar que o sisal corresponde a um uso antrópico da terra e, por isso, não deve ser considerado como a melhor cobertura para a área, uma vez que não possui as funções ecológicas da caatinga – cobertura original desse espaço.

Segundo o censo agropecuário municipal do IBGE a área plantada de sisal na microrregião de Serrinha, que reúne os principais municípios produtores da Bahia, conforme demonstra a **Figura 2.27**, oscilou bastante, o que provocou o relativo abandono das terras ocupadas pelos sisalais (verificado em campo) por parte de alguns agricultores, bem como a retomada da atividade mais recentemente.

Couto Filho e Schmite (2001), a respeito da ocupação rural na Bahia, apontaram que a queda constante nos preços dos *commodities* agrícolas e a falta de políticas mais consistentes de controle dos preços, além do pouco avanço tecnológico – que reduz o número de empregos, são fatores que promovem o declínio das atividades agrícolas.

Note-se que não se discute, na maioria das vezes, estratégias eficazes de revigoração da agroindústria sisaleira, em toda a sua cadeia produtiva. Sabe-se que a cadeia produtiva do sisal, na Bahia, na maior parte dos municípios produtores, baseia-se no beneficiamento ainda muito simplificado da planta, o que diminui as possibilidades

de aumento do rendimento e valorização da cultura agrícola, demandando pesquisas e investimentos a respeito dessa atividade.

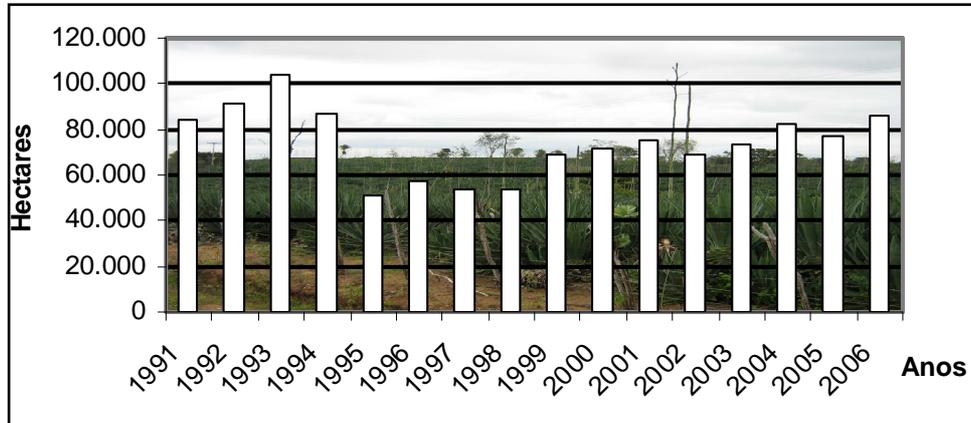


Figura 2.27 – Evolução da área plantada de sisal. Microrregião de Serrinha.

Fonte: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?z=t&o=4&i=P>. Acesso em 27/11/2007.

2.7 ASPECTOS DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO MÉDIO JACUÍPE

A degradação ambiental é nitidamente observada a partir da degradação hidrológica e relaciona-se a diversos fatores, a exemplo da mudança do gradiente de escoamento e alteração do regime hídrico provocados pela construção de barragens em seu curso, demonstradas na **Figura 2.28**.

Tal fato torna-se preocupante porque devido à ocorrência da erosão laminar e forte escoamento superficial nas áreas onde a cobertura vegetal foi retirada, ocorre à deposição de sedimentos no leito, que se encontra assoreado em alguns trechos.

Entretanto, sabe-se da importância local e mesmo regional de algumas barragens para as atividades humanas e abastecimento urbano. É necessário rever a aplicação da legislação ambiental, garantindo que as matas ciliares sejam preservadas ao longo dos lagos gerados pelas represas e açudes, evitando o seu assoreamento.

Constatou-se que até a barragem de São José, a maior da área, que possui usos múltiplos, dos quais se destaca o fornecimento de água a diversos municípios, não há proteção da mata no entorno do lago. O mesmo fato foi constatado em barragens

menores, como as de Gavião, São Domingos e Nova Fátima, Riachão do Jacuípe (**Figura 2.29**).

Da mesma forma, os grandes açudes e represas que se situam no médio Jacuípe não possuem vegetação no entorno, a exemplo dos açudes de Valente, São Domingos e Retirolândia.

A Fundação APAEB, no município de Valente, em convênio com a PETROBRÁS, desenvolveu o projeto sertão verde, com o intuito de florestar o entorno das aguadas, mas sua ação foi pontual e ainda não atingiu as grandes aguadas.

A pesquisa de campo realizada em outubro de 2008 permitiu observar de perto os prejuízos financeiros - e não só ambientais - que a ausência de uma política ambiental holística gera ao Estado da Bahia, uma vez que uma barragem em Riachão do Jacuípe estava em reforma e havia uma draga (**Figura 2.30**) operando para a remoção de materiais acumulados no fundo do lago.

Esse custo poderia ter sido evitado e a projeção de sua ocorrência no futuro, em diversas áreas, deveria gerar o combate à sua causa: a retirada da mata ciliar. Isso é possível a partir de campanhas educativas, de projetos de reflorestamento, de fiscalização ambiental.



Figura 2.28 - Vista da barragem de São José do Jacuípe.



Figura 2.29 - Vista da barragem de Riachão do Jacuípe.



Figura 2.30 - Dragagem da barragem de Riachão do Jacuípe.

Acerca dos fenômenos que causam degradação, Tricart (1978) destacou a degradação geomorfológica e hidrológica (diferenciação da velocidade de escoamento, aumento da erosão diferencial das margens, deposição de materiais no leito, diminuição das águas e possibilidade de estagnação – diminuição do oxigênio.-; discutiu ainda a questão do lixo nas águas) e destacou a questão das pastagens como propulsoras da degradação dos solos (exposição, perda de nutrientes) e florística:

Uma exploração intensiva da pastagem leva também a uma degradação florística. As espécies mais apreciadas pelos animais vão-se tornando gradualmente raras, porque a sua reprodução é travada. Pelo contrário, as plantas não consumidas multiplicam-se. Acabam por substituir as outras. É o caso das lenhosas. (TRICART, 1978, p. 150)

As paisagens que se destacam no médio Jacuípe indicam o forte processo de degradação ambiental existente na área. A diminuição no número de indivíduos de diversas espécies, a exemplo das arbóreas conhecidas localmente como pau ferro, mulungu, pau de colher, mucunã, folha larga, peroba, barriguda, de pássaros como o canário, papagaio, azulão, de animais diversos como o tamanduá, gambá, sussuarana, gato do mato, teiú, cobras diversas, etc., são uma consequência da extinção de habitats ou de sua fragmentação, bem como do corte de árvores para servirem de estacas para cercas e lenha para uso doméstico e em padarias e olarias, dentre outros, além da caça para alimentação (pássaros diversos, teiu, etc.), ou ainda para “eliminar” ameaças (onças, raposas, cobras, etc.).

A **Figura 2.31** destaca os municípios cuja sede situam-se no médio Jacuípe. Os municípios merecem atenção especial porque seus processos de povoamento e organização econômica conduziram a diversas mudanças na organização do espaço, passíveis de serem acompanhadas a partir da análise de imagens de satélite, como se fez nessa pesquisa.

Faz-se necessário ressaltar que municípios que possuem uma área muito pequena do seu território drenado pela bacia do rio Jacuípe, em seu médio curso, não foram considerados para a tabulação de dados, a exemplo de Mairi, Quixabeira, Capim Grosso, Ipirá e Pintadas, visto que há apenas pequenos riachos nas suas áreas e considerar esses municípios poderia gerar dados com desvios padrão muito elevados, comprometendo a qualidade dos resultados e de sua análise.

Quanto às sedes dos municípios do médio Jacuípe, apenas três são ribeirinhas. Destaca-se, entretanto que a incorporação do rio Jacuípe em suas áreas urbanas se deu através de processos que degradam a qualidade do rio e do ambiente.

Em distritos ribeirinhos, a exemplo de Barreiros e Santo Antônio, encontraram-se problemas semelhantes aos das sedes municipais de Gavião, São José e Riachão.

Destacam-se as olarias no distrito de Barreiros (**Figura 2.32**), que além da exploração da argila no leito principal do rio Jacuípe, requer o uso da lenha e polui a

atmosfera, com gases ricos em CO₂, uma vez que resultam da queima de material orgânico, rico em carbono.

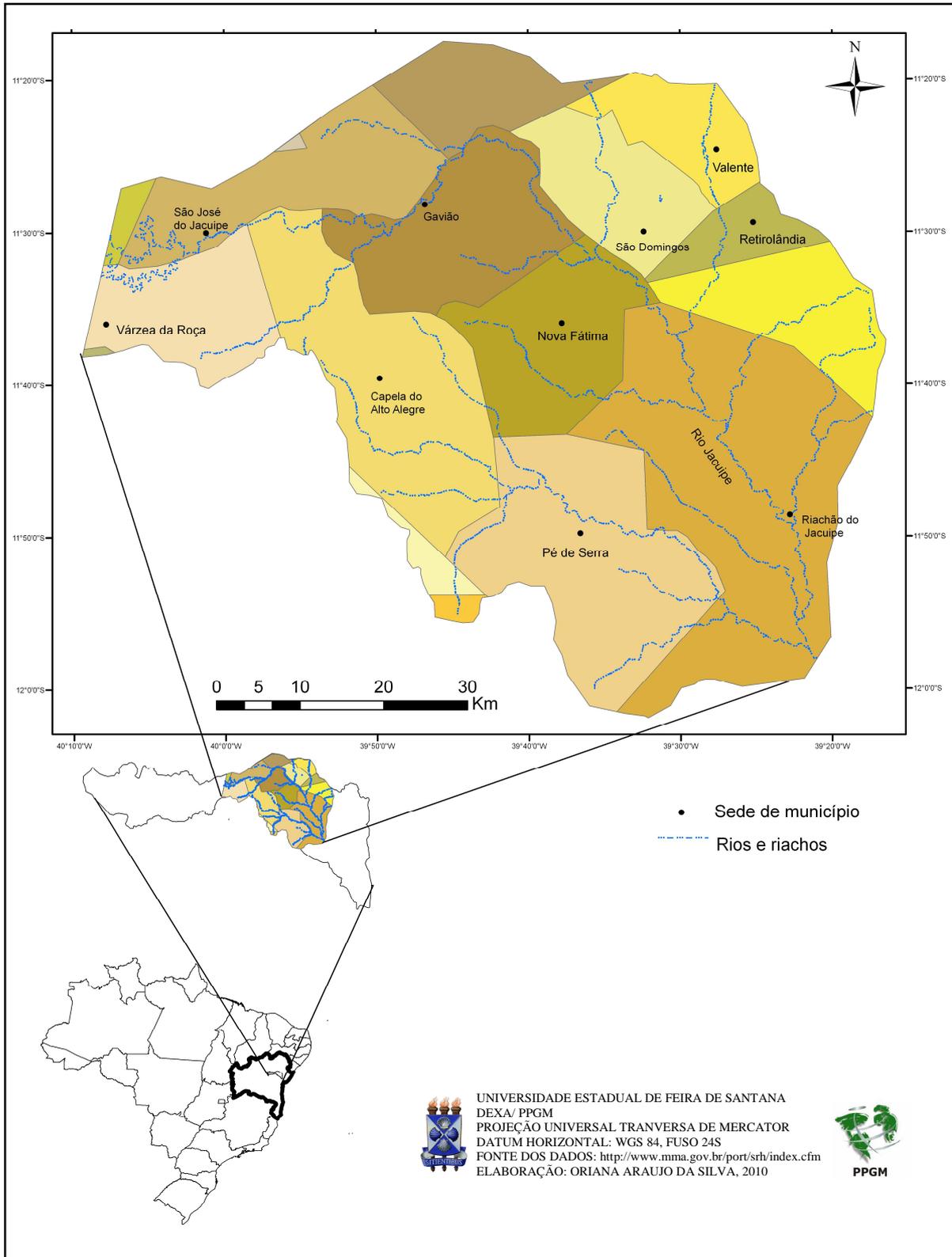


Figura 2.31 - Municípios do médio Jacuípe.



Figura 2.32 - Olarias de Barreiros (distrito de Riachão do Jacuípe).

Esse problema ocorre também em São José do Jacuípe, em que a atividade é muito forte, além de Riachão do Jacuípe. Nos demais municípios existem olarias, mas sua cadeia produtiva é mais local e seu impacto ambiental, devido à menor abrangência da atividade é também um pouco menor.

A **Figura 2.33** retrata a problemática da criação de porcos, cuja instalação das pocilgas situa-se nas margens do rio Jacuípe, com o lançamento dos dejetos diretamente no rio Jacuípe.

Destaca-se o fato de que o leito encontra-se sem fluxo contínuo em diversos meses do ano, de modo que os dejetos acumulam-se formando poças de lodo no próprio leito, de modo que a suinocultura constitui-se numa fonte direta de poluição das águas do Jacuípe.



Figura 2.33 – Pocilgas às margens do rio Jacuípe. Santo Antônio (distrito de São Domingos)

Associado às pocilgas, observa-se o lançamento da rede de esgotamento sanitário de algumas cidades e distritos direto no rio Jacuípe, sem qualquer tipo de tratamento, conforme demonstra a **Figura 2.34**.

Outra prática “comum” é a deposição do lixo doméstico e entulho nas margens ou em áreas da bacia de inundação do rio Jacuípe, conforme demonstram as **Figuras 2.35, 2.36 e 2.37**.

Essa postura pouco responsável dos gestores públicos e da sociedade precisa urgentemente ser revista, com a implantação de um sistema de tratamento sanitário e de resíduos sólidos adequados.

Trata-se de uma questão de saúde pública, pois a população à jusante desses “pontos de poluição” utiliza a água do Jacuípe de diversas formas, inclusive para a o uso doméstico e para o lazer (**Figura 2.38**).



Figura 2.34 – Lançamento de esgoto no rio Jacuípe. Cidade: São José do Jacuípe.

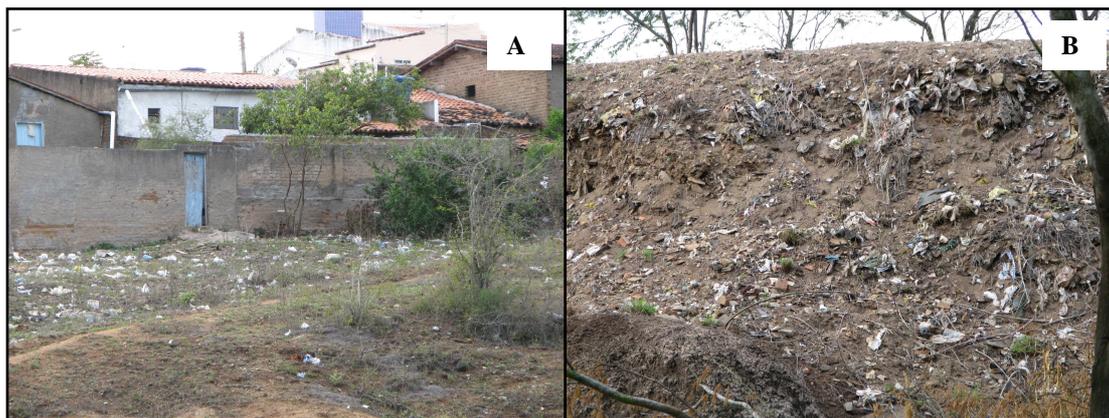


Figura 2.35 – São José do Jacuípe: Lixo em áreas próximas ao rio Jacuípe (foto A); solo resultante do aterro sanitário abandonado na margem esquerda do rio Jacuípe (foto B).



Figura 2.36 – Gavião: Lixo doméstico e aterro em áreas próximas ao rio Jacuípe (superior); plásticos no leito do rio e em detalhe (inferior).



Figura 2.37 - Riachão do Jacuípe. Depósitos de lixo nas margens do rio Jacuípe.



Figura 2.38 – Banhistas à montante da cidade de São José do Jacuípe (esquerda); bares numa área usada para banho em Riachão do Jacuípe.

Dias (2001) discutiu a importância das redes técnicas para a ocupação territorial, mas explicita que associado ao avanço das redes, há um forte processo de modificação do meio natural, a partir do estabelecimento de uma série de atividades econômicas, culturais, de núcleos urbanos, dentre outros fatores.

No caso do médio Jacuípe, observa-se que as estradas representam um forte veículo para o desmatamento, uma vez que facilitam a ocupação territorial e,

infelizmente, nessa área da bacia, onde há cercas demarcando os limites territoriais da fazenda, existe um proprietário de terras que se sente no direito de utilizar dos “recursos” de que dispõe da forma que julgar conveniente.

Certamente essa relação de poder, calcada em técnicas agrícolas extremamente danosas ao sistema natural – a exemplo das queimadas e derrubada da caatinga com o uso de tratores - é um dos motivos para a intensa degradação ambiental. Observe-se que, via de regra, não há preocupação com a manutenção da cobertura vegetal, já que impera a idéia de que as fazendas devem ser limpas para o crescimento do capim, como demonstra a **Figura 2.39**.

Esse “cuidado” do produtor, associado aos longos períodos de estiagem, a exemplo dos que ocorreram nos anos escolhidos para realizar esse estudo, bem como o sobrepastoreio, têm conduzido ao empobrecimento dos solos e à degradação ambiental.

A CAR (1995, p. 31) corroborou a discussão desse trabalho, quando apontou: “(...) a diminuição drástica destes maciços florestais deu-se, também, pela degradação, por via de desmatamento e queimadas, com vistas à expansão das fronteiras agrícola e da pecuária.”

O gado bovino é seletista e necessita de gramíneas e, portanto, de pastagens. Ocorre então, que no médio Jacuípe, a redução da caatinga a pequenos fragmentos resulta da ação humana, para a formação das pastagens.

Tem-se observado que as propriedades rurais que se voltam à criação de caprinos preservam mais a caatinga, cujas espécies são apreciadas pelos caprinos, seja nos períodos secos, quando as folhas caem e secam no solo, devido à caducifolia, seja nos períodos chuvosos, quando os brotos das plantas arbustivas servem de alimento para os caprinos.

Nesse sentido, a caprinocultura pode se tornar uma boa opção à bovinocultura, uma vez que mantém partes da caatinga, enquanto a bovinocultura requer seu desmatamento quase completo, bem como a limpeza anual das pastagens para eliminar plantas em crescimento.

Sobre o potencial da caatinga para a alimentação animal, a CAR (1995), indicou que:

É na caatinga que se encontra o maior banco de proteínas do universo, representado pelas leguminosas e demais espécies forrageiras, o que propicia um pastoreio extensivo, principalmente dos rebanhos de caprinos e bovinos, que, por vezes, opera significativo

impacto ambiental, quando a mata é utilizada acima de sua capacidade de suporte. (CAR, 1995, p. 29).

Contudo, a escolha da caprinocultura em substituição à bovinocultura no médio Jacuípe deve ser indicada com fortes cuidados, uma vez que os caprinos podem pressionar a caatinga a partir do anelamento do caule e da utilização dos brotos como alimento, impedindo o crescimento de plantas jovens.



Figura 2.39 - Detalhe do material orgânico que é retirado na “limpeza” da propriedade: atividade conhecida como destoca de pastos.

A monocultura sisaleira (*Agave sisalana*) também causa degradação no médio Jacuípe, uma vez que demanda grandes áreas desflorestadas; anualmente, realiza-se a “limpeza” dos sisalais para retirar a vegetação que começa a se recompor. Entretanto, deve-se considerar o que disse Silva (2006) sobre a palma e o sisal:

[...] estes tipos de usos do solo, apesar de ocuparem grandes áreas, já que se constituem em monoculturas voltadas, respectivamente, para a alimentação de animais em períodos secos e para a exportação, produzem um impacto ambiental menor para a

bacia do rio Jacuípe do que as pastagens, uma vez que oferecem maior proteção ao solo, não são retiradas ao longo de décadas e são importantes ainda para a economia local. (SILVA, 2006, p. 59-60)

Entretanto, ressalta-se que as áreas de sisalais constituem áreas desflorestadas, bem como as áreas de cultivo permanentes de palma, voltadas à alimentação animal.

É urgente que as políticas públicas enfoquem esse problema, combatendo uma prática que gerou resultados alarmantes, a exemplo do cenário diagnosticado por Silva (2006), onde se constatou a quase inexistência da caatinga primária no médio Jacuípe.

Considerando-se o sistema natural (CHRISTOFOLETTI, 1979) e social como um todo, pode-se dizer que os custos ambientais são sensíveis, uma vez que não se conhece suficientemente a área, em termos de fauna, flora, relevo, áreas de recreação, enfim, não se sabe exatamente o que se perdeu e se está perdendo e também se desconhece as causas efetivas dessas perdas.

Sobre a vegetação e sua importância para a diminuição da erosão em margens de rios, Araújo *et alii*. (2008), esclareceram:

As margens de rios e barragens estão sujeitas à erosão e atrito pelo fluxo d'água. A sua força erosiva aumenta com a velocidade da água. A vegetação da encosta pode ajudar a reduzir esse tipo de erosão da seguinte maneira: a parte aérea se inclina e cobre a superfície e/ou reduz a velocidade do fluxo adjacente à interface solo/água, enquanto as raízes abaixo do solo retêm ou mantêm fisicamente as partículas de solo no lugar. (ARAÚJO *et alii*, 2008, p.114-115)

Desta forma, faz-se necessária a manutenção das matas ciliares para prevenir o escorregamento do material das margens para o leito dos rios, a fim de evitar o assoreamento do canal fluvial, conforme previsto na legislação estadual da Bahia, através do decreto 7.969, de 05 de junho de 2001.

Contudo, a quase total retirada da mata ciliar no médio Jacuípe é facilmente constatada em campo. Outro fator que preocupa no que diz respeito à mata ciliar é a rápida expansão da algaroba (*Prosopis juliflora*), que pode conduzir a uma falsa interpretação de que a mata ciliar vem sendo reconstituída com vegetação original nos municípios pesquisados (**Figura 2.40**).

Miller Jr. (2008) discutiu a questão da perda de solo cultivável e apontou que há perdas em ritmo mais acelerado do que o processo de formação dos solos em cerca de 38% das áreas cultiváveis no mundo. O autor indicou que a desertificação possui suas

causas na pastagem excessiva, no desmatamento, na erosão, na salinização, na compactação do solo e nas alterações climáticas naturais que, combinados, tornam o solo improdutivo e alerta (com base em relatório das Nações Unidas, 2004) que nos últimos 50 anos, uma área do tamanho do Brasil foi desertificada.

A ocorrência da expansão da algaroba foi identificada em diversos trechos do rio principal, notadamente nos municípios de São José do Jacuípe, de Gavião e Riachão do Jacuípe.



Figura 2.40 – Expansão da algaroba nas margens do rio Jacuípe. Gavião e Riachão do Jacuípe.

Reconhece-se que a diversidade da flora é fundamental para a manutenção de diversas espécies animais e do equilíbrio do sistema natural, mas não se pode negar que é preferível que exista algaroba nas margens do rio do que vegetação nenhuma, de modo que a sua retirada deve ser feita apenas a partir de um planejamento para que a caatinga recupere a área.

Contudo, convém ponderar sobre a problemática da expansão da algaroba, uma vez que, conforme alertaram Pegado *et alii* (2006), baseados em pressupostos de Parker *et alii* (1999) que:

[...] as invasões biológicas podem causar impactos em diversos níveis, incluindo efeitos sobre os indivíduos (morfologia, comportamento, mortalidade, crescimento), efeitos genéticos (alteração de padrões de fluxo gênico, hibridização), efeitos sobre a dinâmica de populações (abundância, crescimento populacional, extinção), sobre a comunidade (riqueza de espécies, diversidade, estrutura trófica) e sobre processos do ecossistema (disponibilidade de nutrientes, produtividade, regime de perturbações). (PEGADO *et alii*, 2006, p. 2)

Esse fato foi constatado no trabalho dos autores (*op cit*) que estudaram um município da Paraíba. Salienta-se, porém que a algaroba é uma espécie oportunista, que foi inserida nesse ambiente.

No caso do médio Jacuípe, assim como na maioria dos lugares que presenciaram a expansão da algaroba, a explicação para o fenômeno é principalmente social e não apenas natural (expansão de uma espécie invasora em detrimento de outra). Ocorre que a vagem da algaroba, chamada no sertão de “bajes”, é muito rica em proteínas e apreciada pelos caprinos e ovinos. Nesse sentido, o avanço da “floresta de algarobas” constitui-se numa importante estratégia para a pecuária, como também está virando fonte de renda para diversas pessoas que coletam as bajes para vendê-las, ainda que não sejam proprietárias das terras. Atualmente, o saco com aproximadamente 25 kg de vagem de algaroba é comercializado a R\$10,00.

A respeito dessa discussão, a EMBRAPA questiona:

Planta benéfica ou vilã? Entre esses dois extremos tem se dividido as opiniões sobre a presença da algaroba no ambiente semi-árido. A espécie produz madeira de qualidade para estacas, carvão e uso em fornos industriais, bem como vagens para a produção de forragem, e farinha para alimentação humana. A espécie também possui uma estrutura biológica que ajuda na fixação do nitrogênio ao solo e na recuperação de áreas degradadas. Por outro lado, se mal manejada, a algaroba, por ser "extremamente agressiva", é capaz de "invadir" habitats naturais e inibir a regeneração das espécies de caatinga, reduzindo a biodiversidade vegetal do bioma.⁸

É desejável que se leve em consideração essa nova possibilidade de geração de renda, mas que se indiquem os custos ambientais decorrentes, caso a expansão se complete nas margens do rio Jacuípe. O ideal é que se façam campanhas de esclarecimento à população sobre a importância da mata ciliar para a preservação do rio e de diversas espécies animais e vegetais, além do estabelecimento de políticas públicas de manejo, a exemplo do projeto "Manejo de Áreas Invasidas por Algarobeira", do Programa Nacional de Diversidade Biológica (PRONABIO), do Ministério do Meio Ambiente.

Ao discutir estratégias de recuperação de áreas degradadas no sertão, Lima (2004, p. 76) considerou o potencial do uso de algarobas em áreas de mineração que são difíceis de recuperar, entretanto, alerta que “[...] trata-se de uma espécie não endêmica

⁸ <http://www.cpatia.embrapa.br/noticias/noticia17.html>. Acesso em 06/04/2009.

da caatinga, em adiantado estágio de estabilização no bioma, apresentando características de invasão, face sua alta densidade de regeneração em curto prazo de estabelecimento e expansão na região.”

A **Figura 2.41** demonstra um desses exemplos, nas proximidades de São José do Jacuípe, em que há um forte processo de exploração da argila para o abastecimento das fábricas de telhas, blocos, entre outros. Trata-se de uma área muito degradada, que vem sendo “recuperada” espontaneamente pelos proprietários das terras, a partir das algarobas.



Figura 2.41 – Exploração de argilas para uso em olarias.

2.8 CONCLUSÃO

A degradação ambiental no médio Jacuípe, seja degradação dos solos, da vegetação, das águas, da fauna ou da qualidade de interações da sociedade com a natureza, encontra-se num estágio muito avançado. Compreender as ações que conduziram a esse cenário atual perpassa pensar um processo de ocupação antigo e pautado em técnicas tradicionais.

Deve-se considerar que o recorte temporal dessa pesquisa coincide com os períodos de ocorrência de seca, em que o déficit hídrico deixa a degradação ambiental mais visível, entretanto, não é a seca o fator responsável por esse processo, mas sim a ação humana voltada para o atendimento de suas necessidades ou à lógica capitalista dominante.

As pastagens constituem-se numa das causas principais da degradação ambiental no médio Jacuípe, entretanto, não se igualam às que ocorrem nos semi-áridos que se situam nas bordas dos desertos, a exemplo do Sahel, onde ocorre o sobrepastoreio de caprinos (DREW, 1994).

As propriedades monocultoras, bem como as que se dedicam à pecuária, deveriam conservar 20% de suas áreas, conforme indica a Legislação ambiental. Nesse sentido, o trabalho de educação ambiental, o planejamento e a fiscalização devem ser intensificados. A aplicação da legislação pode ser planejada e, com o suporte do SIG, seria possível fazer coincidir as áreas a serem preservadas nas propriedades rurais, maximizando as áreas de continuidade de caatinga, ainda que no seu estágio secundário, estabelecendo corredores ecológicos.

Conclui-se, portanto que a retirada da cobertura vegetal é o principal problema ambiental no médio Jacuípe, já que segundo Nahon (2008), citado por Melfi e Montes (2008, p. 122) pode aumentar em até 20 vezes o escoamento superficial e, portanto, da erosão e deposição dos sedimentos nos leitos dos rios.

Não se pode deixar de considerar a necessidade de manutenção de habitats e, por conseguinte, da diversidade de espécies da caatinga, rica em endemismos. Segundo Drumond *et alii* (2000) “[...] sobre a flora e vegetação da caatinga, foram registradas cerca de 596 espécies arbóreas e arbustivas, sendo 180 endêmicas.”.

É difícil estimar o que se perdeu no médio Jacuípe, em termos de diversidade de habitats, de espécies e de qualidade ambiental. Por isso é importante que se identifique e conserve o que ainda resta da caatinga nessa área, bem como haja uma atuação mais efetiva do Estado e da sociedade no intuito de mitigar a degradação ambiental atual, que conforme se demonstrou, resulta das atividades antrópicas.

No âmbito das cidades ribeirinhas, é imperativo que haja a elaboração de projetos de saneamento básico, proibição do lançamento de dejetos sólidos e líquidos nos rios, bem como a regulação da atividade de criação de porcos.

Faz-se necessário um estudo que vise à sustentabilidade ambiental na questão das olarias, que são complexas, uma vez que alteram imensamente as margens e o leito do rio Jacuípe e de seus afluentes, bem como requerem a queima da lenha nos fornos; há ainda a poluição do ar, proveniente da queima da lenha.

Entretanto, apesar de todos esses impactos ambientais provocados pelas olarias, não é recomendável a proibição da atividade, uma vez que gera emprego e renda e possui uma cadeia produtiva bem estruturada.

Não se pode, mesmo em nome da qualidade ambiental, deixar de considerar a questão econômica e social, principalmente numa área em que não há empregos, de pequena dinâmica econômica. Convém, contudo, junto às populações locais encontrar alternativas à exploração mal planejada das argilas, bem como da queima da lenha e poluição do ar.

Pode-se afirmar que o médio Jacuípe é uma área com forte degradação ambiental, resultante das atividades antrópicas. O rio Jacuípe nesse trecho encontra-se quase desprovido de mata ciliar e há a invasão da algaroba em diversos trechos.

Os resultados do desmatamento nesse trecho da bacia conduzem ao assoreamento do rio, à perda de habitats e conseqüente redução da biota, provavelmente com extinção de espécies.

O acúmulo de lixo, a retirada de argilas, a criação de porcos, as olarias e as pastagens causam forte degradação ambiental e de qualidade de vida, por isso, é urgente entender como esse processo evoluiu ao longo do tempo e até mesmo projetá-lo futuramente, como mecanismo de suporte aos projetos de recuperação ambiental no médio Jacuípe.

Do ponto de vista da economia, é necessário repensar as atividades atuais, principalmente quanto à conservação dos solos, que se constituem em meio de (re) produção do sistema capitalista. Além disso, os ditos “recursos naturais” são exauríveis e encontram-se ameaçados no médio Jacuípe.

Faz-se necessário pensar nas gerações futuras que podem vir a não conhecer o patrimônio genético da caatinga, sua riqueza, diversidade e endemismos nessa área. A própria qualidade de vida da geração atual relaciona-se com o ambiente.

Além disso, natureza, cultura e história estão impregnadas nas paisagens, como reflexo de uma sociedade, de modo que a sua preservação é como preservar um registro,

um documento importante acerca do modo como uma população relacionou-se com a natureza, com seus pares e organizou o seu espaço (geográfico por essência).

Faz-se necessário o esforço de todos que de alguma forma relacionam-se com a bacia do rio Jacuípe para reverter os processos em curso, uma vez que não se pode deixar de herança para as gerações futuras um ambiente degradado.

CAPÍTULO 3

SUSCEPTIBILIDADE À DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO MÉDIO JACUÍPE: O QUE REVELA O SENSORIAMENTO REMOTO E A MODELAGEM ESPACIAL



CAPÍTULO 3 DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO MÉDIO JACUÍPE: O QUE REVELA O SENSORIAMENTO REMOTO E A MODELAGEM ESPACIAL

Resumo

Esse capítulo apresenta as técnicas e procedimentos aplicados para a estimativa da susceptibilidade à degradação ambiental no médio curso da bacia do rio Jacuípe. Dessa forma, explicita alguns dos fundamentos do sensoriamento remoto e do Processamento Digital de Imagens realizado para a classificação das imagens, que possibilitou acompanhar as mudanças de cobertura e uso da terra, ao longo dos anos de 1973 a 2008, especialmente no que diz respeito à cobertura vegetal. A modelagem espacial associou, por inferência *fuzzy*, as áreas com cobertura vegetal em 2008 a variáveis naturais e sociais (solos, declividade, IDH, proximidade de sedes municipais, zona de influência de estradas e de hidrografia), com o objetivo de estimar as áreas de maior susceptibilidade à degradação ambiental no médio Jacuípe.

3.1 INTRODUÇÃO

Identificar os principais elementos causadores da degradação ambiental, entendida como diminuição da qualidade de qualquer subsistema natural e de qualidade de vida relacionados, provocada por ações antrópicas, não é tarefa fácil, devido à diversidade, complexidade e dinâmica de interações dos objetos naturais e artificiais que compõem o espaço geográfico, ou ainda, do sistema de objetos (mais fáceis de espacializar) e do sistema de ações (mais difíceis de espacializar), que constituem o espaço geográfico (SANTOS, 2006).

Considerando-se que as questões socioculturais e mesmo as naturais são dinâmicas, deve-se atentar para o fato de que qualquer estimativa de susceptibilidade a algo, não será, obviamente, exata. Então, por que esforçar-se para estimar os níveis de susceptibilidade⁹ à degradação ambiental no médio Jacuípe?

Vários são os motivos que justificam tal estudo: um dos principais é demonstrar, a partir do mapeamento, que as áreas sob forte pressão antrópica, estendem-se por quilômetros, que podem ser facilmente identificados em trabalhos de campo e pela população local, mas

⁹ Susceptibilidade segundo Ferreira (2001) significa qualidade de susceptível. Por sua vez esse mesmo autor define susceptível como: 1-passível de receber impressões, modificações ou adquirir qualidades.

que, a partir da modelagem espacial e dos mapas resultantes, torna-se essa constatação mais nítida e denota-se o impacto ambiental nas diversas áreas identificadas. Ou seja, busca-se tornar mais inteligível o que já é captado pelos sentidos, a fim de tentar chamar a atenção da sociedade e do governo a respeito da problemática ambiental instalada no médio Jacuípe, já constatada em estudo anterior (SILVA; CHAVES, 2009).

Outro forte motivo para realizar esse estudo diz respeito à necessidade de ampliar a escala dos estudos na bacia do rio Jacuípe, que possui grande extensão longitudinal, atravessando parte do semi-árido baiano (**Figura 3.1**). Trata-se de uma área com forte déficit hídrico anual, devido principalmente à concentração das chuvas em alguns meses do ano, além de ser uma área sob forte irregularidade da atuação das massas de ar, submetida constantemente a anos muitos secos, às vezes seguidos, alternados com anos um pouco chuvosos, mas cujo índice pluviométrico não ultrapassa os 850 mm anuais. No caso do médio Jacuípe, a maior parte da área possui índice pluviométrico anual inferior aos 700 mm. Nesse sentido, compreendendo-se a necessidade da manutenção do equilíbrio dinâmico nessa área, já submetida a condições de semi-aridez, justifica-se o objetivo de identificar as áreas de maior susceptibilidade à degradação ambiental, com vistas à tomada de decisões a respeito do planejamento e gestão do médio curso da bacia do rio Jacuípe.

Deve-se considerar ainda, que os próprios órgãos de planejamento, a exemplo do MMA, apontam para o relativo desconhecimento dessa área (SILVA *et alii*, 2004; CASTELETTI *et alii*, 2005; SANTANA, 2007). Além disso, essa área dispõe de poucos atrativos naturais, uma vez que é uma área pediplanizada, com poucos inselbergues a servirem de mirantes, rede hídrica intermitente e caatinga caducifólia e semicaducifólia, o que torna o rio Jacuípe uma das poucas opções de lazer naturais, utilizadas pela população, com destaque para as áreas de barragens.

Devido à magnitude geossistêmica da área de estudo e da necessidade de integração de diversas variáveis, tanto para o trabalho de modelagem espacial, quanto para o suporte necessário ao entendimento dos processos que ocorreram no médio Jacuípe, optou-se por realizar o trabalho com suporte em geotecnologias, especialmente o processamento digital de imagens e a modelagem espacial dos dados digitais preexistentes, vislumbrando a integração digital das variáveis consideradas fundamentais para a degradação ambiental no médio Jacuípe, para atingir o objetivo de identificar as áreas mais suscetíveis à degradação ambiental.

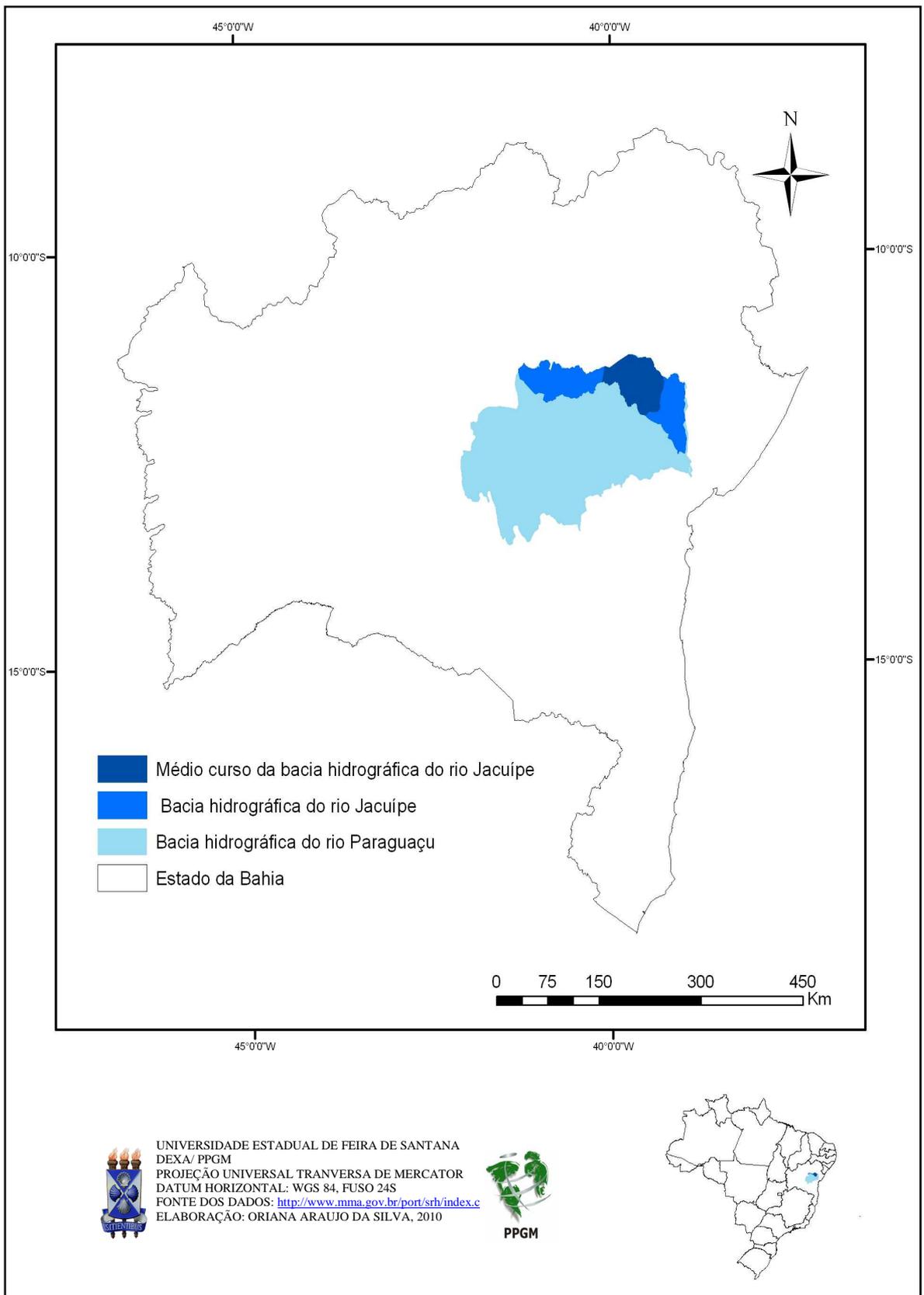


Figura 3.1 – Médio curso da bacia do rio Jacuípe no contexto da bacia do rio Paraguaçu e da Bahia

Ao discutir o uso do geoprocessamento para projetos ambientais, Medeiros e Câmara (2004), apontaram que:

Na perspectiva moderna de gestão do território, toda ação de planejamento, ordenação ou monitoramento do espaço deve incluir a análise dos diferentes componentes do ambiente, incluindo o meio físico-biótico, a ocupação humana, e seu inter-relacionamento. (MEDEIROS e CÂMARA, 2004, p. 10-1)

A organização de ambiente de trabalho em Sistemas de Informações Geográficas (SIG), na perspectiva de Câmara e Monteiro (2004), indicam conjunto de níveis, camadas ou planos de informação - que neste trabalho são chamados de variáveis -, aplicáveis a este estudo:

Por exemplo, caso se desejasse fazer um estudo de uso atual do solo e seus impactos sobre o ambiente em uma região, definida em um projeto, seria necessário que este projeto fosse composto de Pis com os seguintes temas: 1) rede de drenagem; 2) cidades, rodovias e ferrovias; 3) altimetria; 4) geomorfologia; 5) unidades e associações dos solos; 6) tipologia vegetal; 7) tipos de uso e ocupação das terras. (CÂMARA e MONTEIRO, 2004, p. 2-33)

Reconhece-se a importância que o conhecimento detalhado do território possui para a proposição de ações eficazes para o gerenciamento dos bens naturais disponíveis, mas sempre na perspectiva de conservá-los para as gerações futuras, bem como para garantir qualidade socioambiental no presente.

Assim, o objetivo desse capítulo é estimar a susceptibilidade à degradação ambiental no médio Jacuípe, a partir da análise integrada de indicadores naturais e antrópicos. Para tanto, necessário se faz compreender a evolução da degradação do médio Jacuípe, não no sentido de inventário, conforme paradigma predominante na Geografia teórica-quantitativa do pós segunda guerra mundial, mas sim no de auxiliar a gestão do território e mitigar a degradação ambiental oriunda da pressão antrópica.

Nesse sentido, Monteiro in Venturi (2005), argumentou que os embates provenientes da crítica à Geografia teórica resultou na produção de trabalhos muito centrados na discussão teórica (como uma obsessão), em detrimento da análise do fato em estudo e indica que 'o método consiste na associação íntima entre teoria (saber ideativo) e técnica (fazer operacional)', de forma que a Geografia deva beneficiar-se com os progressos decorrentes das técnicas de análise.

Ao discutir a questão das técnicas utilizadas na geografia, Luchiari *et alii* (2005, p. 53), defenderam que “O sensoriamento remoto se apresenta como uma técnica muito eficiente e cada vez mais utilizada não só na Geografia, mas em várias áreas correlatas.”, além de considerarem que atualmente os pesquisadores dispõem de imagens de satélite e programas gratuitos, a exemplo das imagens utilizadas nesse trabalho.

Ao tratar da cognoscibilidade do planeta, Santos (2002) foi enfático ao afirmar que o atual período possibilitará o conhecimento extensivo e aprofundado do planeta, devido à evolução técnico-científica:

“[...] os satélites que fotografam o planeta a intervalos regulares, permitindo uma visão mais completa e detalhada da Terra. Por meio dos satélites passamos a conhecer todos os lugares e a observar os astros. [...] Isso não quer dizer que tenhamos, assim, os processos históricos que movem o mundo, mas ficamos mais perto de identificar momentos dessa evolução. Os objetos retratados nos dão geometrias, não propriamente geografias, porque nos chegam como objetos em si, sem a sociedade vivendo dentro deles.” (SANTOS, 2002, p. 32).

O autor alertou ainda para a importância da análise, na busca de não “coisificar” algo que é um objeto histórico, por isso de grande valor, já que contém o movimento da sociedade.

Observe-se que a pesquisa acerca da susceptibilidade à degradação ambiental no médio Jacuípe, integradas às mudanças de cobertura da Terra, passíveis de verificação nas imagens de satélite, tem como consequência alterações da paisagem, no espaço e no tempo, de forma que esse estudo possibilita uma apreensão mais aproximada dos processos que produziram as geometrias referidas por Santos (*op cit*) e, por conseguinte, a possibilidade de produzirem-se geografias, a partir de uma análise socioambiental.

O sensoriamento e o PDI são técnicas de análise espacial que fazem parte das geotecnologias, segundo a perspectiva de Souza Filho e Crósta (2003) e de Silva (2003).

Quanto à incorporação das ferramentas das geotecnologias nos estudos a respeito da natureza e/ou da sociedade, Silva e Maia (2006), indicaram - embasados em pressupostos de Egler (2002) – que as geotecnologias são importantes instrumentos de suporte à gestão ambiental:

A etapa de planejamento talvez seja a mais importante em um processo de gestão, pois é composta por ações preventivas, sendo de fundamental importância para o uso adequados recursos naturais. (...) Obrigatoriamente deverão ser utilizados instrumentos que permitam uma

visão global da área de estudo, o cruzamento e a análise de informações (vegetação, hidrologia, uso do solo, etc.), como, por exemplo, as geotecnologias. (SILVA e MAIA, 2006, p.211)

Esses autores discutiram a necessidade de mudança de foco na gestão ambiental da Bahia, para que haja a formulação de uma política ambiental eficaz e defenderam a assunção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento territorial, ou dos biomas e ecorregiões do Estado, corroborando a idéia corrente no âmbito da ciência geográfica, de que a natureza possui seus limites próprios e não respeita as divisões políticas dos municípios ou Estados. Além disso, defendem que o uso das geotecnologias é um suporte fundamental à gestão ambiental.

Para compreender a dinâmica de ocupação do médio Jacuípe, inicialmente será apresentado um breve arcabouço teórico sobre sensoriamento remoto e modelagem ambiental, ferramentas utilizadas como suporte para o estudo da susceptibilidade ambiental no médio Jacuípe. Na seqüência apresenta-se a metodologia detalhada da pesquisa seguindo-se das variáveis importantes na modelagem. Concluindo-se com o modelo das áreas com seus níveis de susceptibilidade, resultado principal dessa dissertação.

3.2 SENSORIAMENTO REMOTO, MODELAGEM ESPACIAL, DEGRADAÇÃO AMBIENTAL: APROXIMAÇÕES TEÓRICAS

3.2.1 O Sensoriamento Remoto aplicado a estudos em bacias hidrográficas e degradação ambiental

Uma das aplicações mais correntes do sensoriamento remoto é a busca pelo reconhecimento dos padrões espaciais atuais e/ou pretéritos de algum lugar do planeta. Concorda-se com Souza (2006), que indicou:

A detecção de mudança é o processo de identificar diferenças no estado de um objeto ou fenômeno por observação em diferentes épocas. Segundo Singh (1989), o processo envolve a habilidade para quantificar efeitos temporais usando dados multitemporais, sendo usado para diversas aplicações como: análise de mudança no uso da terra; monitoramento de culturas agrícolas; desmatamento; detecção de estresse em culturas; entre outras. O autor cita algumas técnicas digitais usadas para detecção de mudanças como, por exemplo, a diferença de imagem, componentes principais, análise de vetor de mudança, pós-classificação, etc. (SOUZA, 2006, p. 30)

O sensoriamento remoto é uma técnica de obtenção de dados sobre a superfície terrestre, sem contato direto com os alvos, a partir do registro de suas características espectrais, de acordo com Jensen *et alii* (1989, 2007), Lillesand e Kiefer (2008) e Novo (1995, 2008).

Consiste na captura da resposta eletromagnética que os elementos naturais e artificiais emitem, quando submetidos a uma fonte de energia, a exemplo do sol, ou quando essa fonte cessa. Para Mustard e Sunshine (1999, p.252): “Em geral, a reflectância é definida como a razão da intensidade da radiação eletromagnética dispersa da superfície pela intensidade da radiação incidente sobre ela.” Assim, cada elemento da superfície da Terra pode ser identificado a partir da análise da resposta espectral em cada comprimento de onda que constitui as imagens digitais provenientes de sensores imageadores.

Dessa forma, uma imagem de sensoriamento remoto não consiste numa fotografia simples do planeta, uma vez que há os princípios físicos e matemáticos em sua composição, que possibilita a extração de informações, obtidas com o Processamento Digital das Imagens (PDI). Esse processo é possível porque a atmosfera possui “janelas” (LILLESAND e KIEFER, 2008), que são faixas em que não há bloqueio para a transmissividade da resposta eletromagnética. Os sensores instalados nas plataformas dos satélites são calibrados então para capturar essa resposta, razão pela qual há as bandas ou faixas do espectro eletromagnético especificadas para cada tipo de satélite (JENSEN, 2007).

O resultado é uma matriz numérica, contendo os níveis de cinza ou número digital de cada *pixel*, que é a menor unidade imageada pelo sensor (CRÓSTA, 1992). Essa matriz é passível de uma série de aplicações estatísticas que possibilita a extração, classificação e mapeamento das informações contidas, dentre outras funções que são executadas a partir do Processamento Digital de Imagens, considerando-se que os diferentes alvos (vegetação, solo, rocha, água, etc.), possuem assinaturas espectrais diferenciadas, refletindo mais ou menos energia (radiância) em cada comprimento de onda.

O sensoriamento remoto e o processamento digital de imagens permitem acompanhar os processos que ocorrem na superfície terrestre, tanto em variada escala temporal, como espacial, conforme destacou Drury (1990), o que os torna extremamente importantes para o conhecimento das feições adquiridas pelos objetos naturais e artificiais que compõem os diferentes espaços geográficos.

Na concepção de Liu (2006, p. 03) “O satélite é uma máquina fantástica que possui lentes em vários comprimentos de onda eletromagnética e vigia cada pedaço do planeta Terra

para informar rapidamente e minuciosamente o que está acontecendo nele (...).”, o que demonstra a vasta perspectiva aberta às diversas ciências com o uso do sensoriamento remoto.

O sensoriamento remoto auxilia o conhecimento da situação atual das áreas estudadas, bem como a comparação de sua evolução – acréscimos e subtrações - ao longo do tempo, a partir de análises comparativas multitemporais, como o realizado nessa pesquisa. Esse tipo de trabalho, no qual a vegetação possui grande relevância, por ser o elemento natural mais diretamente afetado pelas atividades humanas, é destacado por Ustin *et alii.* (1999) ao considerarem a potencialidade do sensoriamento remoto para a compreensão das mudanças que ocorrem sobre a superfície da Terra, bem como a possibilidade de combinação entre o sensoriamento remoto e o sistema de informações geográficas. Com o advento da regularidade da obtenção de dados com sensoriamento remoto ampliaram-se os estudos do mapeamento da superfície, a exemplo dos aspectos que ocorrem no solo: mudanças do uso e ocupação das terras, biogeoquímica, umidade e seca, degradação, erosão, entre outras atividades da dinâmica do solo.

No estudo realizado por Okin e Roberts (2004) em bacias hidrográficas de áreas desérticas, discutiu-se o uso do sensoriamento remoto para o entendimento da cobertura e degradação das terras, devido à diminuição da cobertura vegetal nessas áreas.

Dos textos lidos, constata-se que o sensoriamento remoto não é capaz de resolver os problemas ambientais, mas facilita seu entendimento à medida que auxilia a identificação dos elementos que cobrem a superfície do Planeta, possibilitando mensurar os processos que atuaram sobre os mesmos, a exemplo da degradação ambiental no médio Jacuípe.

O IBGE (2006) corroborou essa idéia, quando indicou:

O levantamento sobre o uso e a cobertura da terra comporta análises e mapeamentos e é de grande utilidade para o conhecimento atualizado das formas de uso e de ocupação do espaço, constituindo importante ferramenta de planejamento e de orientação à tomada de decisão. (IBGE, 2006, p. 20)

Um exemplo do uso do sensoriamento remoto e do PDI pode ser encontrado em Liu (2006), que organizou um SIG para a Bacia do Rio Miranda (MS), com vistas ao manejo e desenvolvimento sustentável da bacia. Dentre outras informações, foi gerada uma base de dados, de onde derivou mapas de uso, susceptibilidade à erosão, hidrografia, hipsometria, MDT, mapas de área de conflito e mapas de solo.

Desta forma, nota-se que o sensoriamento remoto é um recurso fundamental ao conhecimento da configuração espacial dos diferentes lugares, servindo ao planejamento

territorial, à avaliação das dinâmicas naturais e sociais estabelecidas ao longo do tempo nos lugares.

O recorte espacial dos estudos pesquisados varia desde micro a macro bacias hidrográficas, ou trecho delas. Isto se dá devido à tentativa de tornar nítida a importância de que os projetos de gestão excedem os limites municipais, considerando que estes “limitam-se” a questões políticas, territoriais e não à organização dos sistemas naturais da Terra. Assim, é comum no âmbito de uma bacia hidrográfica existir conflito entre localidades situadas à jusante de áreas poluidoras, que recebem a carga de poluição despejada no rio à montante.

Situações desse tipo foram verificadas no médio Jacuípe, embora não se saiba de conflitos registrados por causa da poluição carregada pelo rio ao longo de seu percurso.

Além disso, as geotecnologias permitem a combinação de diversas variáveis, que auxiliam a compreensão da ocorrência de uma série de problemas, bem como auxiliando a indicação de medidas mitigadoras da degradação ambiental.

Em relação à Bacia do rio Jacuípe, Silva (2006) realizou um estudo em seu médio curso, através do processamento digital de uma imagem Landsat, de 2001, através de classificação MAXVER, concluindo que há um forte processo de desmatamento, principalmente para a introdução de pastagens, o que reduziu a caatinga a poucas manchas.

A aplicação do sensoriamento remoto em pesquisas sobre bacias hidrográficas é bastante utilizada no Brasil, em diversos Estados, por pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento.

O trabalho realizado por Donzeli *et alii.* (1996), constatou que no Estado de São Paulo, o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), o Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), fizeram o levantamento não só do uso e ocupação do solo, através de imagens Landsat, como avaliaram declividade e susceptibilidade à erosão, nas bacias dos rios do Peixe - Paranapanema, além de terem trabalhado com a bacia do baixo Tietê, médio Tietê, Pardo-Grande, Paraíba do Sul (setor paulista) e Rio Ribeira.

Em dissertação de mestrado, Rodrigues (1998) verificou a evolução do uso do solo na microbacia do córrego Lamarão, em Brasília, perfazendo um intervalo de 33 anos e comparando ao mapa de aptidão agrícola, observando os graus de degradação do cerrado, a partir de fotografias aéreas e imagens do Landsat, em ambiente SPRING.

Rossato e Martins (2001) utilizaram imagens Landsat, de 1999, a fim de identificar classes de ocupação do solo, na bacia do lago Guaíba, mapeando as seguintes classes: mata nativa, florestamento, campo, cultivos, solo exposto, área urbana e corpos d'água.

O trabalho realizado por Campos *et alii*. (2004), em 10 micro bacias do rio Capivara, em São Paulo, utilizou imagens Landsat, de 1999, para mapear o uso do solo na referida área.

Costa *et alii* (2005) trataram imagens do Landsat 5, no Spring, para mapear o uso da terra na bacia do rio Sepetiba e associou os limites municipais, identificando as seguintes classes: floresta ombrófila, manguezal preservado, vegetação secundária degradada, pastagens e campos, campos de várzea, solo exposto, areal, urbano de baixa densidade, mangue degradado, urbano de alta densidade.

Freitas Filho *et alii* (2005) realizaram um diagnóstico geoambiental (variáveis geomorfológicas, pedológicas e biológicas) da bacia do rio Acaraú, no Ceará, no trecho das nascentes, a partir de imagens do Landsat 7, de 2001, tratadas no Spring.

Galvão e Meneses (2005) definiram 16 variáveis geoambientais, na bacia do rio São Francisco, aplicando o classificador Isodata e a técnica de transformação por componentes principais.

Libos *et alii* (2005) identificou sete categorias de uso e ocupação do solo, a partir de imagem Landsat, de 2000, na bacia do rio Cuiabá (MT), através de classificação supervisionada.

Sá *et alii* (2004) utilizaram-se do SIG, para fundir diversas variáveis, a exemplo de solo, recursos hídricos, densidade demográfica, vegetação, clima, dentre outras com vistas à estimativa, por sub-região e por Estado, do processo de degradação ambiental no semiárido nordestino e constataram, dentre outros fatores, que cerca de 22% da área do trópico semiárido (TSA) está afetada por degradação ambiental e demonstraram forte preocupação com o fato de que destes 22% de área degradada, a área crítica abrange quase 66% da região mais seca do TSA.

O trabalho objetivava definir áreas prioritárias para a conservação da caatinga, de forma que a metodologia pautou-se na fragilidade do ambiente e no nível de pressão antrópica:

A identificação baseou-se na forma de utilização agroecológica das áreas, em virtude de suas características marcantes quanto a recursos naturais e socioeconômicos. Como fontes para a tomada de decisão foram utilizados mapas de altitude, de geomorfologia, de solos, de clima (principalmente de distribuição das chuvas), de vegetação natural, e de recursos hídricos (tanto superficiais quanto subsuperficiais). No tocante às fontes agrossocioeconômicas, as principais variáveis enfocadas foram: a densidade demográfica, a estrutura fundiária e os sistemas de produção/exploração usados pelas comunidades. (SÁ *et alii*, 2004, p. 38)

O objeto de estudo do presente trabalho refere-se justamente a um trecho da bacia do rio Jacuípe que representa essa área mais seca indicada pelos autores.

O uso de imagens de satélite e da análise em séries históricas para o mapeamento da caatinga teve sua eficácia comprovada por Sá (1991), num estudo de caso em Petrolina (PE), para o mapeamento da caatinga em parte do município, a partir da abordagem multiestágio da análise de imagem Landsat, de fotografia aérea e do trabalho de campo.

A aplicação de série histórica para melhor compreender a dinâmica espacial evidenciada pelas mudanças de uso e cobertura do solo foi também realizada por Pereira Neto (1994), que processou imagens Landsat, de 1993 e comparou o resultado a um mapa de 1980, com vistas à identificação dos usos que se fez do solo nesses períodos.

Observa-se que há, atualmente, a partir do uso de algoritmos e correlações espaciais automáticos a possibilidade de medir os percentuais de mudança de cada elemento mapeado. Entretanto, concorda-se com Granero e Polidori (2002), quando, baseados em Torres (2001), indicam que o pesquisador que deseja trabalhar com mudança deve capturar os processos e fatores que condicionam a mudança para além dos padrões que emergem.

Devido à magnitude geossistêmica (Bertrand, 2004) da área pesquisada, buscou-se compreender o processo de ocupação territorial, as atividades empreendidas, os sistemas de engenharia elaborados, as questões culturais e naturais, como forma de aproximar-se o máximo possível do conhecimento das causas da degradação ambiental que ocorre no médio Jacuípe, identificando os principais fatores, de modo a estimar as áreas de maior susceptibilidade à degradação ambiental, utilizando como principal indicador a cobertura da terra em 2008.

3.2.2 Modelagem Espacial, Bacias Hidrográficas e Degradação Ambiental

A modelagem de dados espaciais diz respeito ao processo de organização dos dados espaciais e sua operacionalização através de métodos diferenciados. Câmara (1995) afirmou que o modelo de dados consiste num conjunto de ferramentas conceituais para estruturar dados num sistema computacional, que descreve como a realidade geográfica será representada; nesse sentido, diz respeito à tradução do mundo real em outros domínios.

Os modelos são tentativas de simplificação do real para torná-lo apreensível, uma vez que, considerando-se a complexidade dos fenômenos no real, é necessário formular

estratégias que promovam seu estudo e compreensão. De acordo com Chorley e Haggett (1975):

[...] modelo é uma estruturação simplificada da realidade que supostamente apresenta, de forma generalizada, características ou relações importantes. Os modelos são aproximações altamente subjetivas, por não incluírem todas as observações ou medidas associadas, mas são valiosos por obscurecerem detalhes acidentais e por permitirem o aparecimento dos aspectos fundamentais da realidade. Essa seletividade significa que os modelos têm graus variáveis de probabilidade e amplitude limitada de condições sobre as quais se aplicam. (CHORLEY e HAGGETT, 1975).

Assim, Chorley e Haggett (*op cit*) alertaram que os modelos são analogias, comparações do real que, portanto diferem do real pela impossibilidade de captar todas as suas relações, mas importantes por permitir a sua apreensão, análise e compreensão; interessa ainda destacar a idéia dos autores de que os modelos são subjetivos, de forma que obscurecem detalhes acidentais e destacam os fundamentais.

O pensamento de Borges *et alii* (2005, p.83), converge com os autores quando afirma que: “A modelagem do mundo real é uma atividade complexa porque envolve a discretização do espaço como parte do processo de abstração, visando obter representações adequadas aos fenômenos geográficos.”.

Na perspectiva de Câmara (p.41, 1995) “O processo de Modelagem é a forma que dispomos para traduzir o real em outros domínios.”

Concorda-se portanto com a concepção de Felgueiras (p.7-8, 2004), de que

(...) a modelagem propriamente dita envolve a criação de estrutura de dados e a definição de superfícies de ajuste para os elementos dessas estruturas. O objetivo é a obtenção de uma função definível em toda a região de estudo. Essa função nem sempre é contínua e diferenciável para todos os pontos de seu domínio espacial. (FELGUEIRAS, p.7-8, 2004)

No contexto da modelagem ambiental, é ilustrativo o que diz Egler (2001) acerca do uso da modelagem na análise das mudanças de uso e cobertura do solo:

[...] coerente com a melhor tradição dos estudos geográficos, parte da leitura das condições efetivas do território, isto é do espaço apropriado e trabalhado pelos grupos sociais, refletindo o desenvolvimento de suas condições técnicas e os conflitos e ajustes que se estabelecem entre os diversos agentes que interagem no tecido social. (EGLER, 2001, p. 01)

Dentre as diversas possibilidades de discretização do real, Bonham-Carter (1998), discutiu a escolha de modelos para a detecção de minerais na geologia e os classificou em teóricos, híbridos e empíricos, cujos tipos de modelagem podem ser categorizados com base nos dados, a exemplo da regressão lógica, baseados em pesos e evidência e redes neurais ou baseada no conhecimento, a exemplo da lógica “nebulosa”.

Uma das dificuldades de lidar com modelos matemáticos na busca de representar fenômenos naturais e sociais, conforme Pedrosa e Câmara (2008), é a dificuldade de flexibilizá-los para apreender as interações entre os fenômenos e não capturar apenas um momento.

A escolha do modelo utilizado é importante para que se alcance o objetivo desejado. Nesse sentido, Liu (2006), indicou:

Dependendo do fundamento matemático empregado para a formulação, os modelos são divididos em dois tipos: estocásticos e determinísticos. Os modelos estocásticos são estatísticos baseados nas probabilidades de ocorrência dos eventos que incluem modelos de Cadeia Markoviana, Logísticos de Difusão, Regressão e Filtragem. Os modelos determinísticos são baseados nos processos físicos que descrevem as interações dinâmicas em espacial e temporal pelas equações matemáticas. Não existe um tipo de modelo único para modelar todos os fenômenos espaciais dinâmicos do mundo real. (LIU, 2006, p. 815)

A utilização de modelos estocásticos tem aberto possibilidades de análise espaciais que buscam aproximar-se da autenticidade dos fenômenos, inferindo-lhes a possibilidade/probabilidade de mudança ou não da variável dependente, conforme a mudança da variável explicativa. Enquanto nos modelos determinísticos há o condicionamento da mudança da variável dependente, sempre que a variável explicativa mudar (obrigatoriamente).

Em estudos como o que ora realiza-se, considerando grande número de variáveis, faz-se necessário discretizar as informações do mundo real através de modelos matemáticos e de parâmetros estatísticos, o que se torna de fundamental importância, se considerarmos o que disse Aguiar (2003), ao discutir a problemática dos modelos de previsão do desmatamento na Amazônia argumenta que há um amplo interesse no Brasil pelos estudos a respeito do uso e cobertura do solo, mas que tais estudos devem adotar estratégias para integrar os fatores sócio - econômicos - ambientais, mais a decisão local, para a elaboração de modelos confiáveis.

Ambrósio *et alii* (2008) realizaram um estudo sobre as dinâmicas de uso e cobertura da terra em área de preservação permanente dos rios Mogi e Pardo, considerando que

O levantamento da cobertura vegetal e do uso da terra é indispensável para o planejamento regional, no contexto da gestão de bacias hidrográficas, permitindo um ordenamento para o desenvolvimento urbano e rural. Porém, as técnicas convencionais de levantamento caracterizam-se pelo alto custo e pela dificuldade de obter dados em um prazo curto. A utilização de imagens de satélite tornou possível o acompanhamento e a avaliação da dinâmica de ocupação nos territórios das bacias hidrográficas, os quais não possuem uma base de dados censitários. (AMBRÓSIO et al, 2008, p.03)

Na concepção de Pedrosa e Câmara (2001), os modelos espaciais dinâmicos constituem-se de pelo menos três elementos: variáveis, relacionamentos e processos. Através da análise das relações entre os elementos integrantes do modelo, pode-se descrever a evolução espacial de um sistema ao longo do tempo.

Percebe-se que a modelagem de dados em ambiente SIG é uma ferramenta útil à compreensão dos processos que ocorrem no espaço geográfico, ainda que não possam ser apreendidos em sua totalidade/complexidade, mas visualizados através de mapas, que são representações gráficas dos dados espaciais.

Corroborando essa discussão, Refosco (2007, p. 328), ao discutir o emprego de modelos dinâmicos na análise do uso do solo em escala regional, considerou que se constituem na “[...] concretização do relacionamento entre o ser humano e a natureza [...]”, afirmando que “A mudança de uso da terra é o resultado de uma cadeia complexa de interações entre forças biofísicas e socioeconômicas ao longo do espaço e do tempo.” (REFOSCO, 2007, p. 324).

Briassoulis (2003), a partir de diversos teóricos, discutiu as questões relacionadas à cobertura e aspectos naturais da superfície e dos aspectos relacionados ao uso que a sociedade faz dos atributos biofísicos. Nesse sentido, destacou-se o potencial dos estudos de uso e cobertura da terra para o conhecimento acerca das modificações ambientais causadas pelas atividades humanas, conforme o presente estudo acerca da susceptibilidade à degradação ambiental no médio Jacuípe.

A complexidade ambiental, incorporando-se aí a sociedade que atua sobre os elementos que compõem o sistema natural da Terra, dificulta a estimativa exata de diagnósticos que considerem muitas variáveis socioambientais. Por essa razão, optou-se nesse trabalho pelo uso da lógica *fuzzy* no processo de combinação de variáveis.

O método ‘possibilidade *fuzzy*’, foi desenvolvido por Lofti A. Zadeh, em meados do século XX e, de acordo com Silva (2003), Câmara *et alii* (2004 a e b), constitui-se num

método de inferência geográfica, do qual resulta modelos que foram baseados nos dados utilizados e no conhecimento do pesquisador/especialista, de modo que pode-se destacar as seguintes características:

- Lida com conceitos inexatos, incertos, ambivalentes, aproximados, ambíguos, a exemplo de indefinição de limites de classes (áreas de transição);
- Busca a compatibilização entre o conjunto e o objeto, assumindo valor 1 quando for total; o valor 0 quando não houver nenhuma compatibilidade; e entre 0-1 quando a compatibilidade for relativa;
- Reduz desvios e variâncias das medidas;
- As funções mais comuns de associação *fuzzy* são as lineares e senoidais.

Para Boham-Carter (1998), o conjunto *fuzzy* expressa uma escala contínua de 1 (uma adesão plena) para 0 (não-adesão plena), de modo que os valores de pertinência *fuzzy* devem estar no intervalo (0, 1), mas não há limitações práticas quanto à escolha de valores de adesão. Dessa forma, os valores são simplesmente escolhidos para refletir o grau de pertinência de um conjunto, com base em julgamento subjetivo.

Borroso, nebuloso, difuso, em graus ou em classes são termos utilizados para conceituar o *fuzzy* (MARTINS, 2003-2004), demonstrando a elasticidade do uso dessa técnica de inferência geográfica que atende a uma lógica não-binária, de forma que a técnica de inferência *fuzzy* ajustou-se a esse trabalho que trata de variáveis complexas e em constantes mudanças, o que dificulta precisar absolutamente o seu estado.

A perspectiva adotada por Câmara *et alii* (2004c), baseados em pressupostos de Burrough e McDonnel, é a de que:

O conjunto *Fuzzy* é uma metodologia de caracterização de classes, que por várias razões não tem ou não pode definir limites rígidos (bordas) entre classes. (...) A utilização de um conjunto *Fuzzy* é indicada sempre que se tiver que lidar com ambigüidade, abstração e ambivalência em modelos matemáticos ou conceituais de fenômenos empíricos. (Câmara *et alii*, p.9-3, 2004b).

Segundo Sandri e Correa (1999):

Um controlador nebuloso é um sistema nebuloso a base de regras, composto de um conjunto de regras de produção do tipo **Se** <premissa> **Então**<conclusão>, que definem ações de controle em função das diversas

faixas de valores que as variáveis de estado do problema podem assumir. (Sandri e Correa, 1999, p. c073).

Na pesquisa acerca da susceptibilidade à degradação ambiental no médio Jacuípe foram associadas, por inferência *fuzzy*, variáveis naturais e sociais, atribuindo-lhes pesos e valores diferenciados – que foram baseados nos dados, a partir da associação entre mapas de distância e cobertura vegetal, além do conhecimento que se tem da área.

3.3 CAMINHOS PARA ESTIMAR A SUSCEPTIBILIDADE À DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO MÉDIO JACUÍPE

De modo geral, optou-se por utilizar o processamento digital de imagens e a modelagem de dados espaciais integrados por inferência *fuzzy* e balizado por trabalhos de campo, que possibilitaram o conhecimento da área e a mensuração dos pesos das variáveis. Os materiais utilizados para a realização desse trabalho foram:

- Software ArcGis 9.3; Envi 4.6;
- Imagens do satélite Landsat 1, 3 e 5;
- Dados digitais temáticos disponibilizados em: <http://siscom.ibama.gov.br/shapes>;
- Modelo Digital de Terreno disponibilizado em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>;
- Aparelho GPS (Global Position System).

Os métodos utilizados nesse trabalho serão mais bem apresentados como procedimentos no item resultados e discussão, mas constam, de modo geral, das seguintes etapas:

- i. Levantamento bibliográfico e elaboração de referencial teórico;
- ii. Pré-processamento e processamento digital de imagens (recorte, reamostragem, composição colorida, classificação supervisionada, edição);
- iii. Organização do banco de dados (ajuste de similaridade de datums e escala, exportação para os formatos específicos de cada software e procedimento realizado);
- iv. Elaboração de mapas de distância para sedes de municípios, estradas e rios principais;
- v. Cálculo de áreas de cobertura vegetal em cada distância considerada para as variáveis sedes de municípios, estradas e rios principais;
- vi. Elaboração de mapas de evidência *fuzzy*;

- vii. Aplicação de técnicas de modelagem espacial, a partir de lógica *fuzzy* e do interpolador SUM;
- viii. Elaboração de mapas temáticos e edição;
- ix. Análise e integração dos resultados.

3.3.1 Processamento Digital de Imagens

As imagens processadas datam de 1973, 1980, 1987, 1997 e 2008, portanto com intervalos entre 7 e 10 anos. Os mapas daí resultantes, associados com a análise sócio-econômica possibilitaram conhecer os problemas resultantes da ação antrópica, difíceis de serem visualizados (nessa escala) através de outra metodologia, devido à sua magnitude geossistêmica, daí concordar-se com Christofletti (1999), quando argumenta que novas técnicas como a modelagem possui grande potencial na análise ambiental e para diversas ciências, dentre as quais a Geografia.

As imagens processadas são dos satélites Landsat 1 e 3 e 5 que possuem resoluções espaciais e espectrais diferenciadas; na busca de extrair as informações desejadas, realizou-se o pré-processamento digital da imagem, no qual fez-se a exploração inicial da imagem, através do reconhecimento visual de algumas classes, bem como se experimentou a inserção dos vetores a serem recortados das cenas utilizadas (bacia do Jacuípe e médio curso).

A seguir, realizou-se a correção geométrica das imagens, necessária devido às distorções que ocorrem durante o imageamento da superfície pelos sensores, à medida que a Terra faz o movimento de rotação (JENSEN, 2005).

A fim de corrigir esse problema, fez-se o georreferenciamento ou correção geométrica das imagens utilizadas nessa pesquisa, utilizando o método de calibração de imagem por imagem a partir do algoritmo do vizinho mais próximo, a partir de imagem do PROBIO-CAATINGA¹⁰, georreferenciada a partir do GEOCOVER, que consiste num serviço disponibilizado pelos EUA, com imagens ortorretificadas para servir de referência à correção geométrica das imagens do Landsat em qualquer lugar do planeta.

Conforme recomendação de Jensen (2005), fez-se a retificação do registro automático imagem por imagem a partir da manipulação dos pontos de controle reconhecido pelo sistema de registro. Esses pontos de controle permitiram que o erro médio quadrático (RMS) de

¹⁰ A imagem base foi gentilmente cedida pelo prof^o Washington Franca-Rocha (UEFS), coordenador do PROBIO-CAATINGA.

registro das imagens fosse inferior a um pixel, nesse caso, 30m – tamanho mínimo do pixel das imagens Landsat.

O **Quadro 3.1** demonstra o erro médio quadrático (RMS) obtido com o georrefenciamento das imagens.

Observa-se que o erro médio quadrático, de modo geral, pode ser considerado pequeno, com valor menor que 10m nas três primeiras imagens, sendo um pouco maior na imagem datada em 2008 – pouco mais de 15m. Considerando-se o valor do *pixel* de 30m da imagem Landsat, e segundo Mather (2004) o erro máximo tolerável na correção geométrica é até o tamanho do pixel imageado, obteve-se um erro aceitável.

Quadro 3.1 – Erro médio resultante da correção geométrica das imagens

SENSOR	DATA	RMS (m)
LANDSAT 1	25/10/1973	5.989219
LANDSAT 3	28/01/1980	2.024865
LANDSAT 5	07/10/1987	6.175987
LANDSAT 5	16/09/1997	1.604612
LANDSAT 5	02/03/2008	15.063917

Nota-se, portanto que mesmo considerando o maior erro no registro geométrico, na imagem de 2008, não excede à metade de um pixel da imagem, conforme propõe Jensen (2005), o que é satisfatório em trabalhos de escala geossistêmica como este. No presente trabalho utilizou-se como critério para análise do erro resultante da correção as indicações de Mather (2004).

Para efetuar o recorte da área de estudo nas imagens, criou-se uma máscara, a partir do arquivo shapefile (shp) gerado na divisão da Bacia hidrográfica do rio Jacuípe e efetuou-se o recorte da área de estudo nas cenas. Para isso, o arquivo shp foi ajustado para o datum SAD-69, parâmetro das imagens Landsat.

A técnica de visualização adotada nessa pesquisa foi a composição colorida RGB, que é utilizada para potencializar a visualização da informação espectral dos alvos, facilitando sua classificação, uma vez que o olho humano distingue milhares de cores e apenas 30 tons de cinza (CRÓSTA, 1992).

Para Harris *et alii* (1999), a composição RGB constitui-se num procedimento relativamente simples e eficaz que oferece resultados eficientes quanto à visualização das diversas partes e estruturas que separam os elementos que compõem a Terra.

Nessa pesquisa, fez-se uma análise visual de diversas composições RGB, optando-se sempre por atribuir ao canal G (verde) a banda 4 do Landsat 5, por tratar-se da banda do infravermelho próximo do espectro eletromagnético (0,76 - 0,90 μm), reconhecida na literatura como a que melhor diferencia a vegetação.

Entretanto, conforme demonstra o **Quadro 3.2**, as bandas espectrais são diferentes entre os sensores MSS e TM, de forma que, foi necessário equalizar as bandas (**Quadro 3.3**), para fazer a composição RGB. Optou-se pela composição 547 para o TM e 465 para o MSS, que corresponde à 243 para o TM, uma vez que no MSS não há bandas com resolução entre 1,55 - 1,75 μm que corresponde à banda 5 no TM e possibilitaria fazer a mesma composição colorida para todas as imagens.

Dessa forma, a composição RGB utilizada para as imagens de 1987, 1997 e 2008 foi a 547, enquanto para a imagem de 1980 utilizou-se a composição 465 (que equivale à 243 no TM), utilizando-se a composição 574 (que equivale à 342 no TM), para a imagem de 1973.

Um mapa é, por essência, um modelo, conforme Chorley e Hagget (1975), de forma que os esforços empreendidos no sentido de tornar inteligível o mosaico formado pelos objetos naturais e artificiais que compõem a superfície da Terra, a exemplo da análise da degradação ambiental no médio Jacuípe, resultam na aproximação de como o sistema natural tem se comportado ao longo do tempo.

A análise visual das imagens provocou dúvidas quanto à adequação das bandas na imagem de 1980, uma vez que a aparente evolução da área desmatada nessa data foi para a “recuperação” da cobertura vegetal já na imagem seguinte, enquanto as áreas florestadas foram intensamente reduzidas. Tal fato causou estranhamento e então, realizou-se o NDVI da imagem de 1980, para identificar as áreas de vegetação mais saudável.

O NDVI (Índice de vegetação da diferença normalizada) é uma técnica de razão de bandas, em que a banda 4 é subtraída da banda 3, evidenciando a vegetação mais saudável, que reflete melhor no infravermelho próximo. A técnica foi desenvolvida por Rouse *et alii*. (1974), citado por Jensen (2007) e se expressa matematicamente da seguinte forma:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{Infravermelho próximo} - \text{vermelho}}{\text{Infravermelho próximo} + \text{vermelho}}$$

O resultado varia de 1 (verde escuro na imagem), que indica maior quantidade de biomassa, a -1 (branco na imagem) que indica que há menor quantidade de biomassa, evidenciando o solo exposto (IBGE, 2001), conforme demonstra a **Figura 3.2**.

Quadro 3.2 - Comparação dos parâmetros das imagens do Landsat 3 e do Landsat 5.

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Faixa do espectro eletromagnético	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Faixa Imageada
MSS	4	0,5 - 0,6 μm	Verde	80 m	18 dias	185 km
	5	0,6 - 0,7 μm	Vermelho			
	6	0,7 - 0,8 μm	Infravermelho próximo			
	7	0,8 - 1,1 μm	Infravermelho próximo			
	8 (somente para o Landsat 3)	10,4 - 12,6 μm	Infravermelho termal	120 m		
TM	1	0,45 - 0,52 μm	Azul	30 m	16 dias	185 km
	2	0,50 - 0,60 μm	Verde			
	3	0,63 - 0,69 μm	Vermelho			
	4	0,76 - 0,90 μm	Infravermelho próximo			
	5	1,55 - 1,75 μm	Infravermelho médio			
	6	10,4 - 12,5 μm	Infravermelho termal	120 m		
	7	2,08 - 2,35 μm	Infravermelho distante	30 m		

Fonte: <http://www.sat.cnpm.embrapa.br/satelite/landsat.html>. Acesso em 23/04/2009

Quadro 3.3 – Correlação entre as bandas do Landsat 3 e do Landsat 5

Bandas Espectrais do MSS 3	Resolução Espectral	Faixa do espectro eletromagnético	Banda equivalente no TM 5
4	0,5 - 0,6 μm	Verde	1 e 2
5	0,6 - 0,7 μm	Vermelho	2 e 3
6	0,7 - 0,8 μm	Infravermelho próximo	4
7	0,8 - 1,1 μm	Infravermelho próximo	4
8 (somente para o Landsat 3)	10,4 - 12,6 μm	Infravermelho termal	6

Adaptado de: <http://www.sat.cnpm.embrapa.br/satelite/landsat.html>. Acesso em 23/04/2009 e JENSEN (2007).

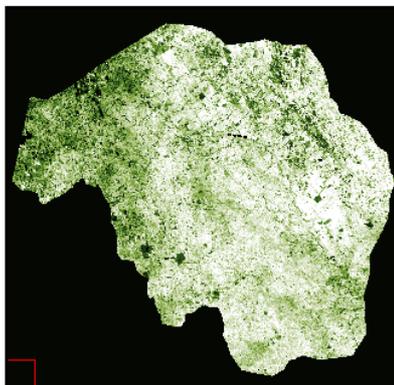


Figura 3.2 – NDVI da imagem Landsat 5 de 2008.

A análise do índice de vegetação da diferença normalizada auxilia o processo de classificação das imagens, uma vez que dissipa dúvidas quanto ao tipo de cobertura da terra e quanto aos processos de desmatamento, auxiliando o processo de classificação supervisionada das imagens.

A classificação de uma imagem consiste em atribuir um nome a um objeto real, a partir de categorias, que constituem a própria classe. Nesse sentido, uma imagem classificada é um mapa temático digital (IBGE, 2001).

A técnica de classificação adotada nesse trabalho foi a de máxima verossimilhança (MAXVER), que conforme indica o próprio nome, significa calcular, a partir da média dos valores digitais dos *pixels* das amostras escolhidas - regiões de interesse - pelo pesquisador representativas da classe, a verossimilhança ou a equiprobabilidade de associar-se aos demais *pixels* da imagem, inserindo-os nas classes em que mais se assemelham.

Destaca-se que deve haver um estudo detalhado dos alvos das imagens, a fim de definir amostras confiáveis. Uma das formas para se conseguir tal grau de confiabilidade é a coleta, direta em campo, de coordenadas geográficas das áreas onde ocorrem as classes que se deseja mapear, conforme se realizou nessa pesquisa. As figuras seguintes demonstram a relação entre a representação da imagem e o objeto real, utilizadas para definir as regiões de interesse utilizadas na classificação.

A **Figura 3.3** explicita a relação entre o alvo a ser mapeado – sisal – e sua representação na imagem. Observe-se que, em comparação a áreas de caatinga ou mesmo de algaroba, o sisal possui, aparentemente, a mesma reflectância, considerando-se a classificação RGB e não o tratamento estatístico da classe.

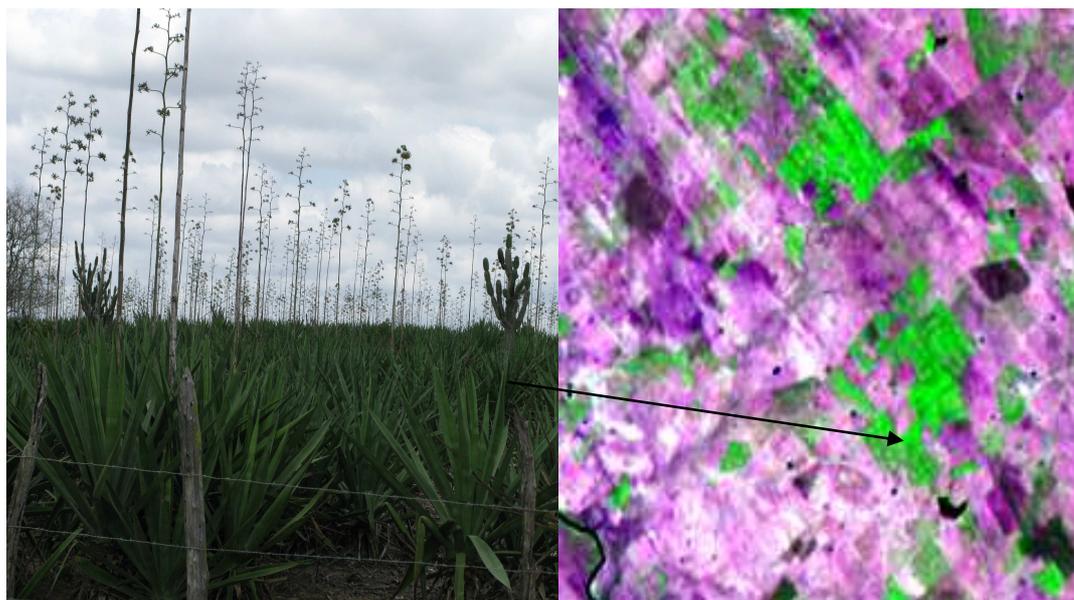


Figura 3.3 – Foto do campo de sisal no município de Retirolândia e sua representação na imagem Landsat 5, imageada em 2008.

Imagem rara de ser encontrada no médio Jacuípe, a **Figura 3.4** retrata um morrote, ainda recoberto de caatinga e a **Figura 3.5** um remanescente de caatinga, numa distante propriedade rural, que no período seco, apresenta caducifolia, com o aspecto de **mata branca/esbranquiçada**, significado do nome **caatinga** em tupi-guarani (AB´SABER, 1977). Conforme demonstra as figuras, seu mapeamento é dificultado por apresentar um aspecto ora de verde claro (caatinga arbustiva, muito caducifólia, capoeira, áreas em recuperação inicial), ora de verde escuro (caatinga arbórea, com menor caducifolia – primárias ou em bom estágio de sucessão), podendo ser confundida ainda com algaroba ou sisal.

Assim, corrobora-se a assertiva de Bautista (1984), ao indicar que a caatinga é muito diversificada e apresenta diferentes formas de adaptação ao clima semiárido, de modo que:

Na caatinga todas as formas biológicas (terófitos, hidrófitos, geófitos, hemicriptófitos, caméfitos, fanerófitos e epífitos) podem ser observados, mas sempre na dependência da água, pois esta classificação se baseia no grau de proteção das gemas durante a época desfavorável que para a vegetação xerófila se expressa pela falta d'água. (BAUTISTA, 1984, p. 124).

Quanto ao principal uso agrícola do solo, a maioria das pastagens (**Figura 3.6**) do médio Jacuípe se encontra em estágio de degradação, o que pode ser constatado pela correspondência, em diversos trechos da bacia, entre as áreas de pastagem e os solos expostos (variando do branco aos tons de rosa na imagem).

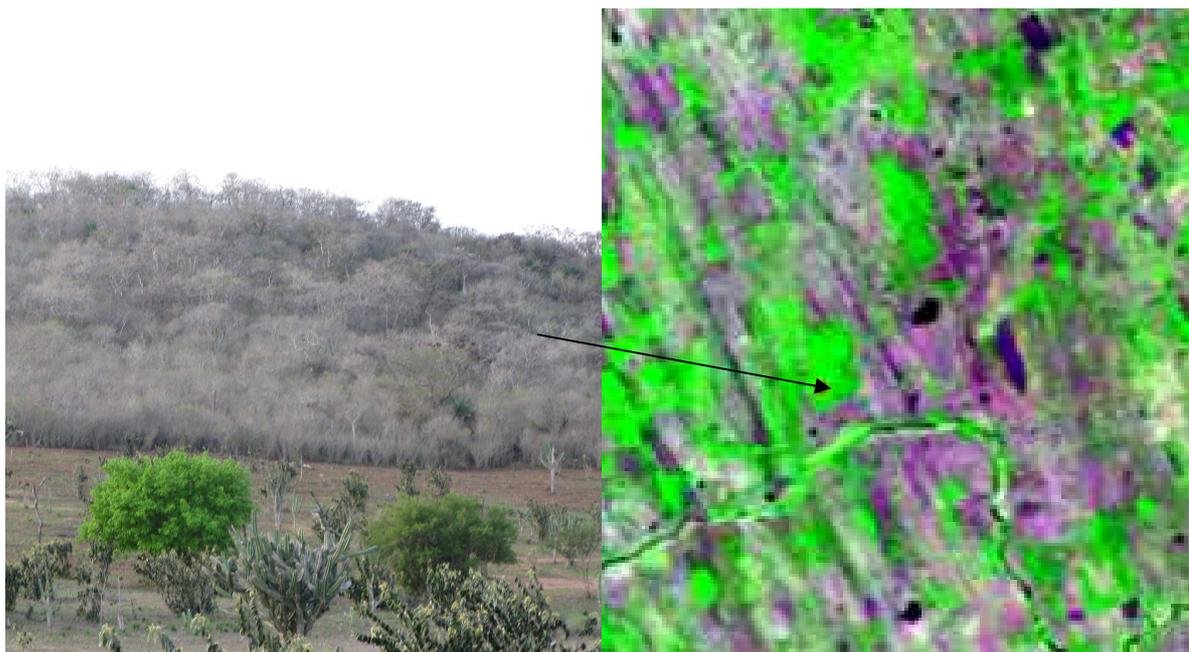


Figura 3.4 - Caatinga em período seco. Município de São José do Jacuípe e trecho da imagem Landsat 5, de 2008.

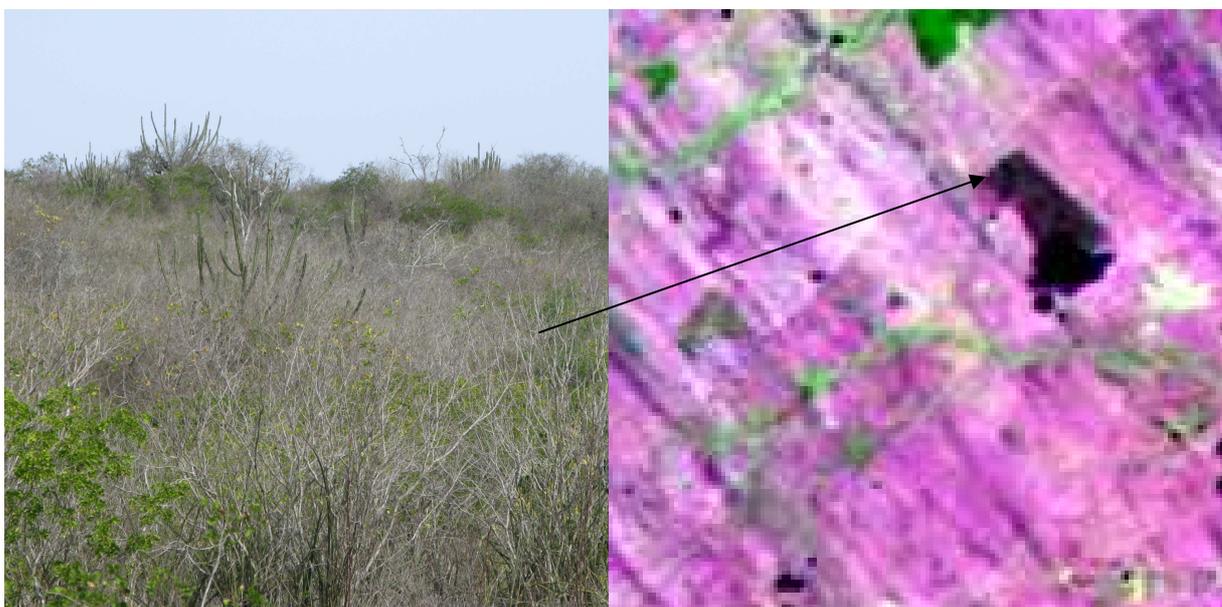


Figura 3.5 – Foto da Caatinga semi caducifólia obtida em 2008. Município de Gavião. E trecho da imagem do Landsat 5, 2008.

A extração de argila e as olarias marcam as paisagens próximas às cidades ribeirinhas e distritos do médio Jacuípe. Entretanto, o processo de degradação ambiental intenso e nas margens do rio Jacuípe, criou um ambiente para a rápida proliferação da algaroba, de modo que as áreas de mineração (em amarelo claro na imagem) aparecem, em alguns trechos,

aproximadas a áreas de cobertura vegetal, conforme denota a **Figura 3.7**. Destaca-se que tal constatação só foi possível em trabalho de campo.

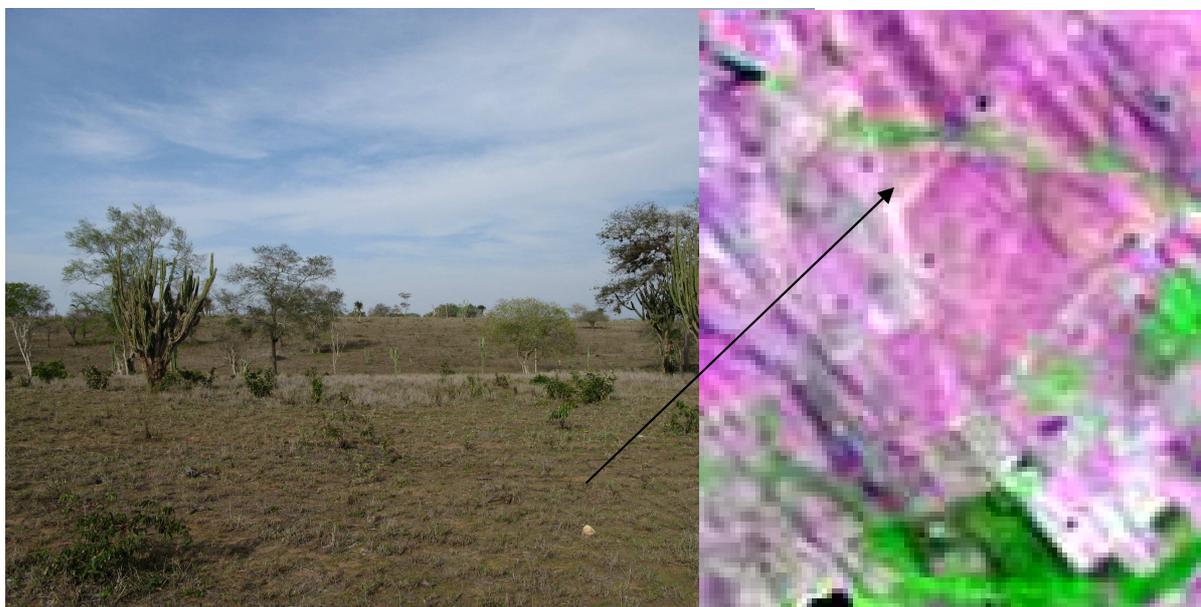


Figura 3.6 – Foto da Pastagem no município de Gavião, obtida em 2008 e sua feição correspondente na imagem Landsat 5, 2008.

A barragem de São José do Jacuípe (**Figura 3.8**) destaca-se na imagem de satélite e, pode-se constatar que não há projeto de revitalização do seu entorno.

O processo de degradação ambiental, nitidamente identificado nas imagens que retratam períodos secos e, portanto de momentos em que os solos ficam expostos às intempéries, pode ser notado a partir da exploração das imagens de cada ano pesquisado e nos trabalhos de campo realizados.

Dessa forma, considerou-se que para o estudo da mudança de cobertura e de uso da terra no médio Jacuípe, duas classes seriam representativas do processo: as áreas com cobertura vegetal e as áreas sem cobertura vegetal.

Essa escolha é pertinente e representativa por se considerar que há um intenso desmatamento em toda a área e uma classificação que permita o acompanhamento de mudança de cobertura da caatinga arbórea, por exemplo, deve ser feita em escala de maior detalhe, visto que na escala dessa pesquisa o que há de caatinga arbórea é tão incipiente que dificulta a visualização e classificação.

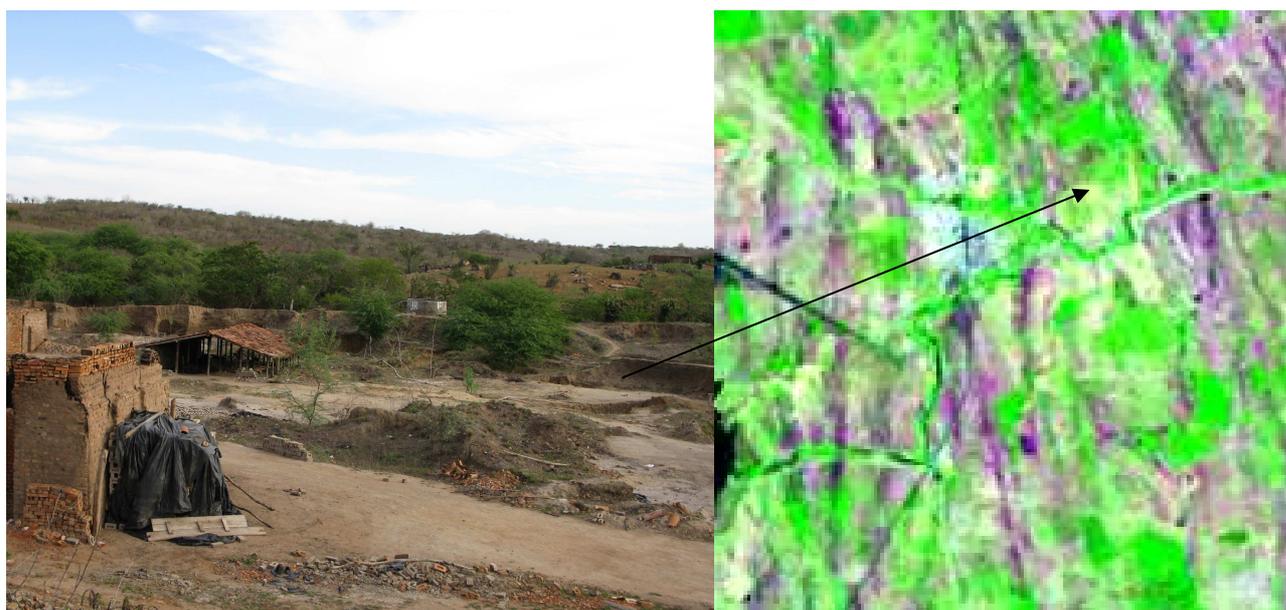


Figura 3.7 - Olarias e extração de argila às margens dos cursos hídricos. São José do Jacuípe e sua feição espectral no trecho da imagem Landsat 5, imageada em 2008.

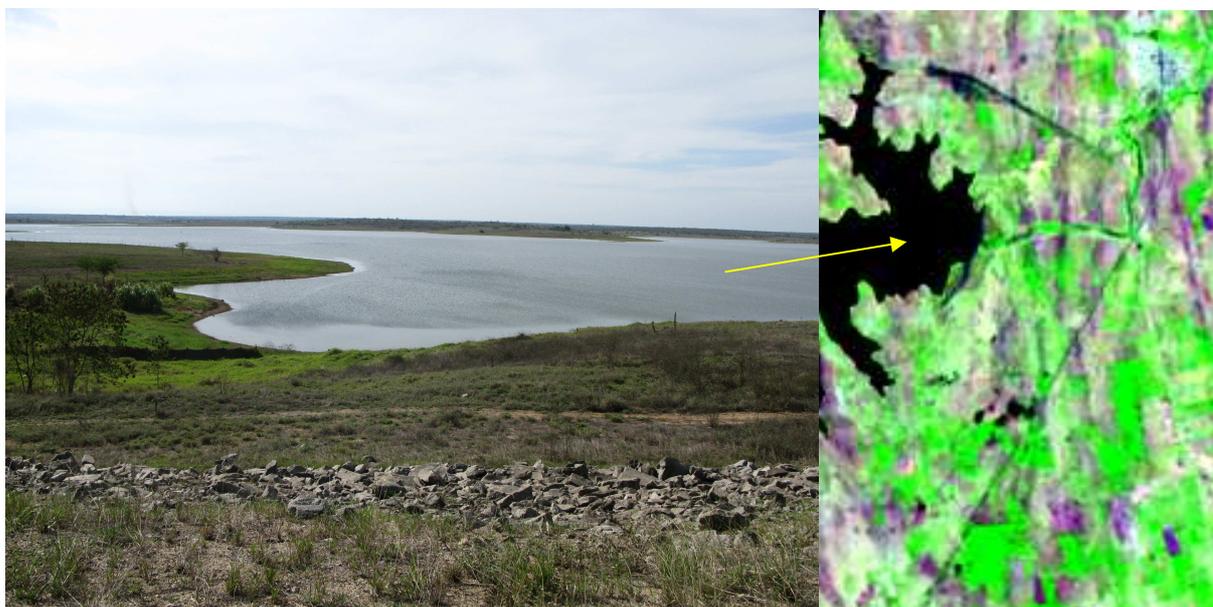


Figura 3.8 - Barragem de São José do Jacuípe datada em 2008 e trecho representativo da barragem na imagem do Landsat 5, 2008.

Portanto, a classificação MAXVER foi realizada a partir da consideração de duas classes: áreas vegetadas e áreas não vegetadas, em que se considerou como **áreas vegetadas (Figuras 3.9; 3.10; 3.11; 3.12; 3.13; 3.14; 3.15; 3.16)** as formações florestais primárias: savana-estépica florestada, savana-estépica arborizada, savana estépica parque, savana-estépica gramíneo lenhosa (IBGE, 1992) ou a vegetação secundária, “(...) que surge com o

abandono da terra, após o uso pela agricultura, pela pecuária e finalmente pelo reflorestamento e/ou florestamento de áreas campestres naturais.” (IBGE, 1992, p. 32).



Figura 3.9 – Caatinga em estágio de sucessão



Figura 3.10 – Caatinga arbustiva



Figura 3.11 – Caatinga – mata ciliar



Figura 3.12 – Caatinga arbórea - remanescente



Figura 3.13 – Foto da cultura do Sisal.



Figura 3.14 – Foto da cultura da Palma.

Assim, as áreas de vegetação secundária correspondem a áreas que sofreram degradação ambiental e que reage de forma diferenciada, de acordo com os parâmetros ecológicos do ambiente. Além disso, e considerando-se que o grau de exposição dos solos no

médio Jacuípe é alarmante, considerou-se como área vegetada também as atividades agrícolas permanentes (sisal, palma e licuri) e a algaroba.

Quanto à segunda classe, nomeou-se de **áreas não vegetadas (Figura 3.17)**, englobando as atividades agrícolas caracterizadas por grande exposição dos solos, a exemplo das pastagens e áreas de lavouras temporárias, além das áreas urbanas e de solo exposto. Nesse sentido, essa classe representa áreas fortemente antropizadas e de usos muito degradadores à qualidade ambiental.



Figura 3.15 – Lavoura temporária em período de plantio



Figura 3.16 – Algaroba recompondo mata ciliar

Nesse sentido, a edição da classificação MAXVER foi realizada aproximando-se da orientação do IBGE (2006), atribuindo-se à legenda de **áreas vegetadas** a composição R115, G168, B0, para evidenciar a presença de cobertura vegetal e atribuindo-se às **áreas não vegetadas** a composição R205, G137, B0, que correspondem às cores indicadas para identificar áreas florestais e de pastagens.

As classificações supervisionadas (imagem de 1997 e 2008) explicitaram o aprofundamento do desmatamento ao longo dos anos pesquisados, havendo aparente recuperação no ano de 2008, em alguns setores da bacia do Jacuípe. Entretanto, confirmou-se em trabalho de campo que o avanço da cobertura vegetal detectado, não era de caatinga, mas sim de algaroba, que vem ocupando diversos trechos da bacia.

Devido a problemas com a classificação das imagens de 1973, 1980 e 1987, tais imagens foram utilizadas apenas com a representação RGB, sem a separação de classes, por se considerar que a resposta visual das imagens contemplou o objetivo de acompanhar as mudanças de cobertura da terra no médio Jacuípe, ao longo do tempo, ainda que não fosse possível a sua quantificação.



Figura 3.17 – Aspecto das pastagens no médio Jacuípe.

Nesse sentido, a edição da classificação MAXVER foi realizada aproximando-se da orientação do IBGE (2006), atribuindo-se à legenda de **áreas vegetadas** a composição R115, G168, B0, para evidenciar a presença de cobertura vegetal e atribuindo-se às **áreas não vegetadas** a composição R205, G137, B0, que correspondem às cores indicadas para identificar áreas florestais e de pastagens.

As classificações supervisionadas (imagem de 1997 e 2008) explicitaram o aprofundamento do desmatamento ao longo dos anos pesquisados, havendo aparente recuperação no ano de 2008, em alguns setores da bacia do Jacuípe. Entretanto, confirmou-se em trabalho de campo que o avanço da cobertura vegetal detectado, não era de caatinga, mas sim de algaroba, que vem ocupando diversos trechos da bacia.

Devido a problemas com a classificação das imagens de 1973, 1980 e 1987, tais imagens foram utilizadas apenas com a representação RGB, sem a separação de classes, por se considerar que a resposta visual das imagens contemplou o objetivo de acompanhar as mudanças de cobertura da terra no médio Jacuípe, ao longo do tempo, ainda que não fosse possível a sua quantificação.

3.3.2 Modelagem de dados espaciais no médio Jacuípe

Estimar as áreas de maior susceptibilidade à degradação ambiental no médio Jacuípe requer a inter-relação de muitas variáveis, visto que a idéia de degradação ambiental representa uma concepção ampla de perda de qualidade ambiental e de vida. Por essa razão e também em função do tamanho da área, optou-se por realizar a modelagem de dados espaciais como metodologia para estimar as áreas de maior susceptibilidade à degradação ambiental no médio Jacuípe e como método de inferência geográfica a lógica *fuzzy*.

Tornar o banco de dados homogêneo no que tange à configuração espacial (datum, sistema de coordenadas, escala, dados em formato raster) é um trabalho basilar para a realização da modelagem espacial dos dados. Fez-se a seleção dos dados e formatos digitais – vetores, polígonos e raster – adequando-os à mesma projeção cartográfica (UTM - datum WGS 84, zona 24S) e à mesma resolução espacial (pixel de 30m x 30m), a fim de iniciar a expansão dos seus limites espaciais às distâncias desejadas, elaborando os mapas de distância/buffers (**Figura 3.18**). Segundo Câmara *et alii* (2004b, p. 8-18), pode-se considerar a seguinte definição para os mapas de distância: “Um mapa de geo-campos contendo as distâncias de cada ponto do mapa a um geo-objeto de referência (representado por um ponto, linha ou região). Trata-se de operação puramente geométrica.” Na perspectiva do IBGE

(2010) “(...) buffer é uma área gerada ao redor de determinada feição de dimensão constante e definida pelo usuário.”

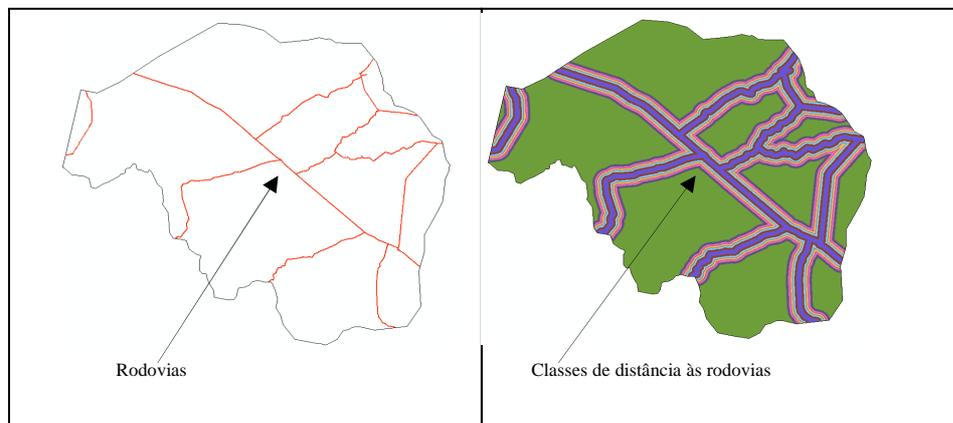


Figura 3.18 – Exemplo de mapa de distâncias (buffer)

Os mapas de distância foram convertidos para raster a fim de serem reclassificados em mapas de evidência *fuzzy*. Tal conversão se faz necessário a fim de atribuir valores aos objetos mapeados, de modo que possam ser processados com técnicas de inferência geográfica, já que na perspectiva da modelagem espacial:

Mapas são dados e não desenhos. Tratar mapas como dados significa dar forma numérica ao espaço ao associar, a cada localização, um valor que representa a grandeza em estudo; requer ainda, na maior parte dos casos, o uso do formato matricial (“raster”), mais adequado a uma representação contínua do espaço. (Câmara *et alii.*, p. 9-30, 2004c).

Para Boham-Carter (1998), os valores de pertinência *fuzzy* devem refletir a importância relativa de cada mapa, assim como a importância de cada classe de um único mapa.

Nesse sentido, o trabalho de escolha das variáveis e dos valores de pertinência ao conjunto *fuzzy* a elas atribuídos foi cauteloso, baseado nos dados e no conhecimento da área. Contudo, conforme destacou Silva (2003), por mais que a definição desse conjunto seja apropriada, é possível e até preciso considerar a existência de ambigüidades, de incertezas.

Na concepção de Kohagura (2007) as principais vantagens da lógica *fuzzy* em relação à lógica clássica é que o *fuzzy* descreve um determinado fato com muito mais detalhe, já que há gradação dos valores, o que torna o resultado mais coerente com a realidade em questão, de modo a reduzir a perda de informações.

Por essa razão, a lógica *fuzzy* adequa-se a esse estudo, porque para o que não há certeza de pertinência ao conjunto fuzzy pode ser considerado em intervalos de 0 até 0,99.

Evidentemente, ao objetivar estimar a susceptibilidade à degradação ambiental no médio Jacuípe não se desejou superestimar a problemática atual, mas também não se desejou evidenciar apenas as áreas extremamente críticas, uma vez que se espera que o resultado desse trabalho possa inspirar intervenções para que se impeça a degradação ambiental total da área do médio Jacuípe, bem como sirva de instrumento didático para a educação ambiental.

Assim, a fim de evitar superestimar as áreas sob risco mais alto de ocorrência da degradação ambiental no médio Jacuípe, fez-se uma análise criteriosa das variáveis a serem utilizadas, adotando-se cuidados quanto aos diferentes valores máximos de pertinência ao conjunto *fuzzy* que lhe foram atribuídos, para que influenciassem de forma diferenciada no resultado, uma vez que nem todos os elementos considerados para a identificação das áreas mais ameaçadas no médio Jacuípe são exatos.

3.3.2.1 Cobertura vegetal

A retirada e degradação da cobertura vegetal no médio Jacuípe estão diretamente relacionados ao processo de ocupação da área e das práticas agrícolas que aí se estabeleceram - notadamente a pecuária.

Ao retirar a cobertura vegetal original, ocorre sensível alteração no habitat de diversas espécies animais e redução imediata da diversidade florística. Conforme discussão realizada por Metzger (2001), deve-se considerar que a retirada da cobertura vegetal original resulta na desorganização das cadeias tróficas, na desregulação do equilíbrio populacional das espécies, na diminuição da diversidade, devido aos impactos das mudanças ambientais impostas, que altera e dificulta o fluxo gênico – uma vez que pode haver isolamento e dificuldade de migração de algumas espécies, modificando o processo natural de troca de genes pelo mecanismo de reprodução.

Isso pode ser facilmente identificado no médio Jacuípe pela presença constante da jurema (*Mimosa sp.*), espécie lenhosa e muito oportunista. Além disso, os relatos de antigos moradores destacam a diminuição de muitas espécies de pássaros, como o emblemático canário e o próprio jacu, que nomeou o rio Jacuípe, além de serem citados tamanduás, onças e outros animais; das espécies vegetais, pode-se destacar a raridade da ocorrência de barrigudas e do pau-ferro no médio Jacuípe. Seguramente, um estudo mais específico sobre a biota do

médio Jacuípe constatará perda significativa de diversidade biológica em função do desmatamento.

Como o objetivo dessa pesquisa não foi o de classificar a vegetação, optou-se por considerar – de modo generalista – como cobertura vegetal as áreas de vegetação original, secundária e agrícola. Ou seja, as áreas com cobertura vegetal mapeadas, embora reduzidas em relação às áreas sem cobertura vegetal, já estão contabilizadas de forma ampla.

A classificação supervisionada da imagem do Landsat TM5, de fevereiro de 2008 – propositadamente escolhida no período seco - demonstrou que há um forte processo de desmatamento no médio Jacuípe, reduzindo-se muito as áreas com algum tipo de cobertura vegetal, mesmo considerando-se os cultivos agrícolas como cobertura vegetal. Isso decorre do fato de que as pastagens no médio Jacuípe estão muito degradadas e expõem quase que inteiramente os solos no período seco. Levando-se em conta que no clima tropical semiárido as chuvas são concentradas geralmente em 3 meses do ano, quando os pastos tornam-se ‘verdes’, os demais meses do ano ficam desprovidos de qualquer cobertura vegetal verde.

Outra característica do clima semiárido no médio Jacuípe liga-se à ocorrência do fenômeno EÑOS (El Niño Oscilação Sul), que tende a aumentar o período seco, às vezes prorrogando a ausência de chuvas em 2 a 3 anos consecutivos, fato muito relatado pelos moradores do médio Jacuípe e responsável pela difusão da imagem do Nordeste seco, das vacas mortas, das argilas contraídas, do sertanejo sofredor... que foi cooptada pela elite regional a fim conseguir ‘ajuda’ para ‘combater’ a seca (Castro, 1992). O pesquisador desavisado pode tomar esta parte da realidade pelo todo e continuar difundindo a idéia de que a caatinga é um bioma menos importante que os demais.

Em verdade, a caatinga possui mecanismos de adaptação únicos e sua diversidade e potencial precisa ser mais conhecido e valorizado, a fim de evitar o cenário que hoje se apresenta no médio Jacuípe. A cobertura vegetal, de modo geral, desempenha importante papel no sistema natural e, embora os cultivos agrícolas permanentes não ofereçam vantagens em relação à questão biológica, corresponde a uma cobertura para o solo, diminuindo sua exposição. A **Figura 3.19** expõe o espaço ocupado pelas áreas com cobertura vegetal natural e agrícola e sem cobertura vegetal. O cálculo dessas áreas (**Figura 3.20**) denunciam a imensidão do desmatamento, que corresponde percentualmente a 26% para áreas com algum tipo de cobertura vegetal e 74% para áreas sem cobertura vegetal.

Por essa razão, a variável cobertura vegetal, embora seja o representante direto da fisionomia ‘natural’ da paisagem, foi considerada como variável antrópica, uma vez que resulta da escolha humana de utilizar os elementos da natureza da forma que lhe convier, de

modo que a paisagem artificializada, senão por elementos construídos, mas principalmente pela interferência humana na modificação da cobertura da terra, predomina no médio Jacuípe.

Destarte, atribuiu-se à variável cobertura vegetal o maior valor de pertinência ao conjunto *fuzzy* ($\mu(\mathbf{x})$) para susceptibilidade à degradação ambiental. Nesse sentido, as áreas sem cobertura vegetal foram categorizadas como muito susceptíveis à degradação ambiental, enquanto as áreas com cobertura vegetal foram consideradas minimamente susceptíveis, conforme demonstra o **Quadro 3.4**. O objetivo dessa escolha binária (sim ou não) para a variável cobertura vegetal foi evidenciar o papel dessa variável como principal indicador para susceptibilidade à ocorrência da degradação ambiental.

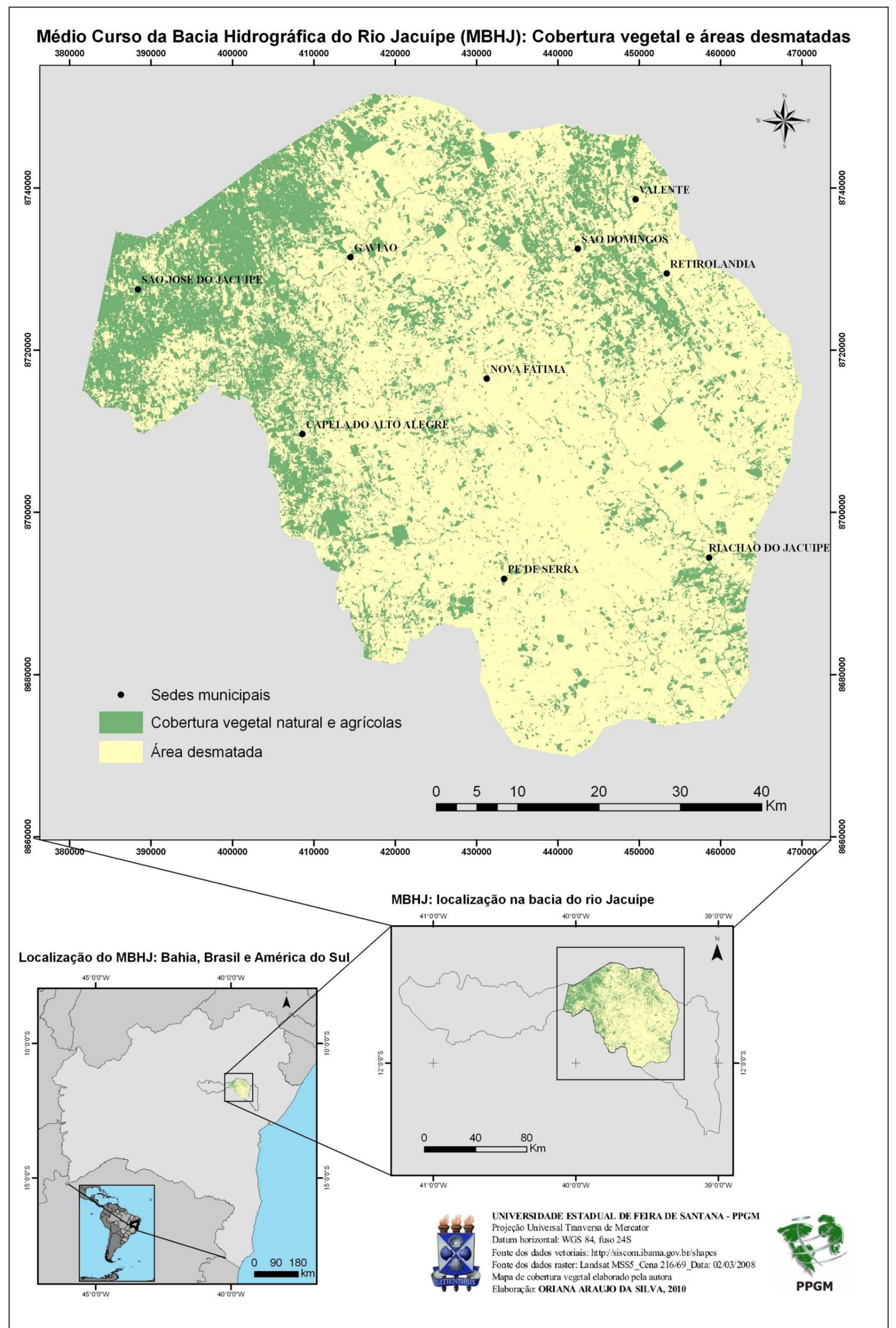


Figura 3.19 - Mapa de cobertura vegetal (natural e agrícola) do médio Jacuípe

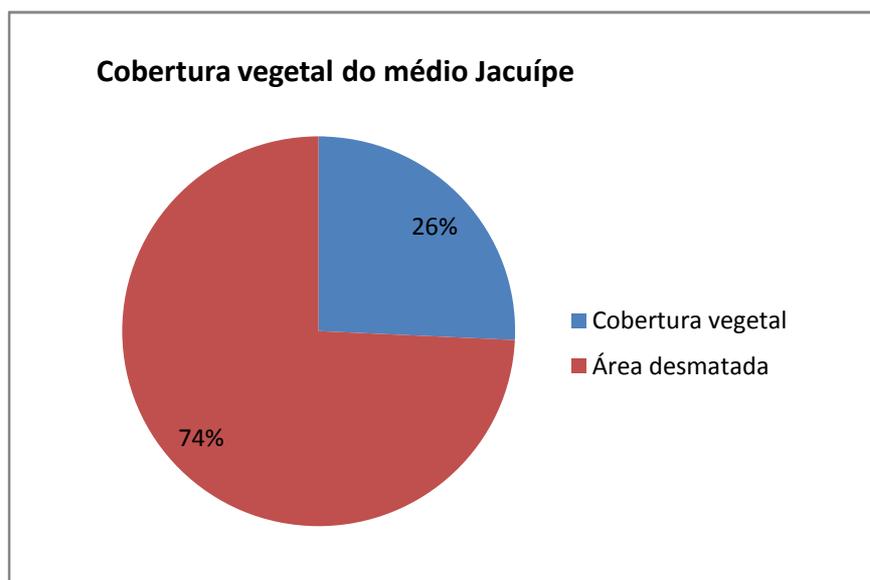


Figura 3.20 – Percentual de cobertura vegetal (natural e agrícola) do médio Jacuípe

Quadro 3.4 - Graus de pertinências *fuzzy* – variável cobertura vegetal

COBERTURA VEGETAL	$\mu(x)$
Classes	Valor máximo: 1,0
Áreas sem vegetação	1,0
Áreas com vegetação natural e agrícola	0,1

3.3.2.2 Áreas urbanas

Quanto às áreas urbanas, considerou-se sua influência imediata e até 5km, porque apesar de tratar-se de centros urbanos pouco desenvolvidos e fortemente atrelados ao campo, considera-se que há fatores que maximizam a intensificação do uso agrícola dos solos próximos aos centros urbanos, de modo que em trabalhos de campo, houve dificuldades de encontrar remanescentes de caatinga em áreas próximas aos centros urbanos. Deve-se considerar ainda que essas terras são valorizadas, com preços mais elevados que as terras mais distantes das áreas urbanas.

O tecido socioespacial urbano é tão dinâmico quanto a sociedade que aí imprime suas marcas. Dessa forma, a pesquisa acerca das zonas de influência para a susceptibilidade ambiental das áreas urbanas no médio Jacuípe revelou diferenças muito sensíveis no que

tange à cobertura vegetal nas áreas próximas às sedes municipais; assim, optou-se por realizar o mapa de distâncias para cada sede (até 5km, com intervalos de 1km), a fim de atribuir-lhes valores diferenciados de pertinência *fuzzy*. A **Figura 3.21** demonstra a nítida diferença, por exemplo, entre as zonas próximas a Nova Fátima e a São José do Jacuípe (a cobertura vegetal está em verde).

No conjunto, as sedes foram comparadas quanto à cobertura vegetal até 5km. O gráfico (**Figura 3.22**) demonstra que na comparação entre si - das áreas com cobertura vegetal até 5km - as cidades com menor cobertura vegetal são Nova Fátima e Pé de Serra, seguidas por Gavião (que é uma sede ribeirinha). Na sequência, encontra-se a ribeirinha Riachão e as sisaleiras Valente e Retirolândia. Com cobertura média em relação às demais cidades, encontra-se São Domingos que é também uma cidade sisaleira. Observa-se a discrepância de Capela, com cobertura vegetal significativa em relação às demais, superada apenas por São José, cuja cobertura vegetal marcante é a algaroba, que ocorre também nas ribeirinhas Gavião e Riachão.

Dessa forma, conforme aponta o **Quadro 3.5**, atribuiu-se maior valor de pertinência ao conjunto *fuzzy* para susceptibilidade à degradação ambiental, para as cidades que apresentaram menor cobertura vegetal e menor valor de pertinência para as cidades que apresentaram maior cobertura vegetal, de modo que São José do Jacuípe foi considerada com valor 0,5 de pertinência *fuzzy*, o que indica o maior grau de incerteza sobre essa área, visto que encontra-se no meio do conjunto, não pertencendo nem às áreas de maior susceptibilidade à degradação, nem às áreas de menor susceptibilidade ambiental.

Assim, as cidades que possuem menor área com cobertura vegetal foram ponderadas como as que estão mais potencialmente susceptíveis à degradação ambiental.

A fim de refinar a ponderação hierárquica das variáveis não apenas pela comparação da cobertura vegetal até 5km, a partir do mapa de cobertura vegetal de 2008, recortou-se cada distância indicada no mapa de distâncias (de 1km a 5km, com intervalo de 1km) e realizou-se o cálculo das áreas de cobertura vegetal para cada distância.

Os resultados foram tabulados numa planilha de dados, gerando o gráfico síntese da cobertura vegetal até 5km (**Figura 3.23**), por sede dos municípios do médio Jacuípe.

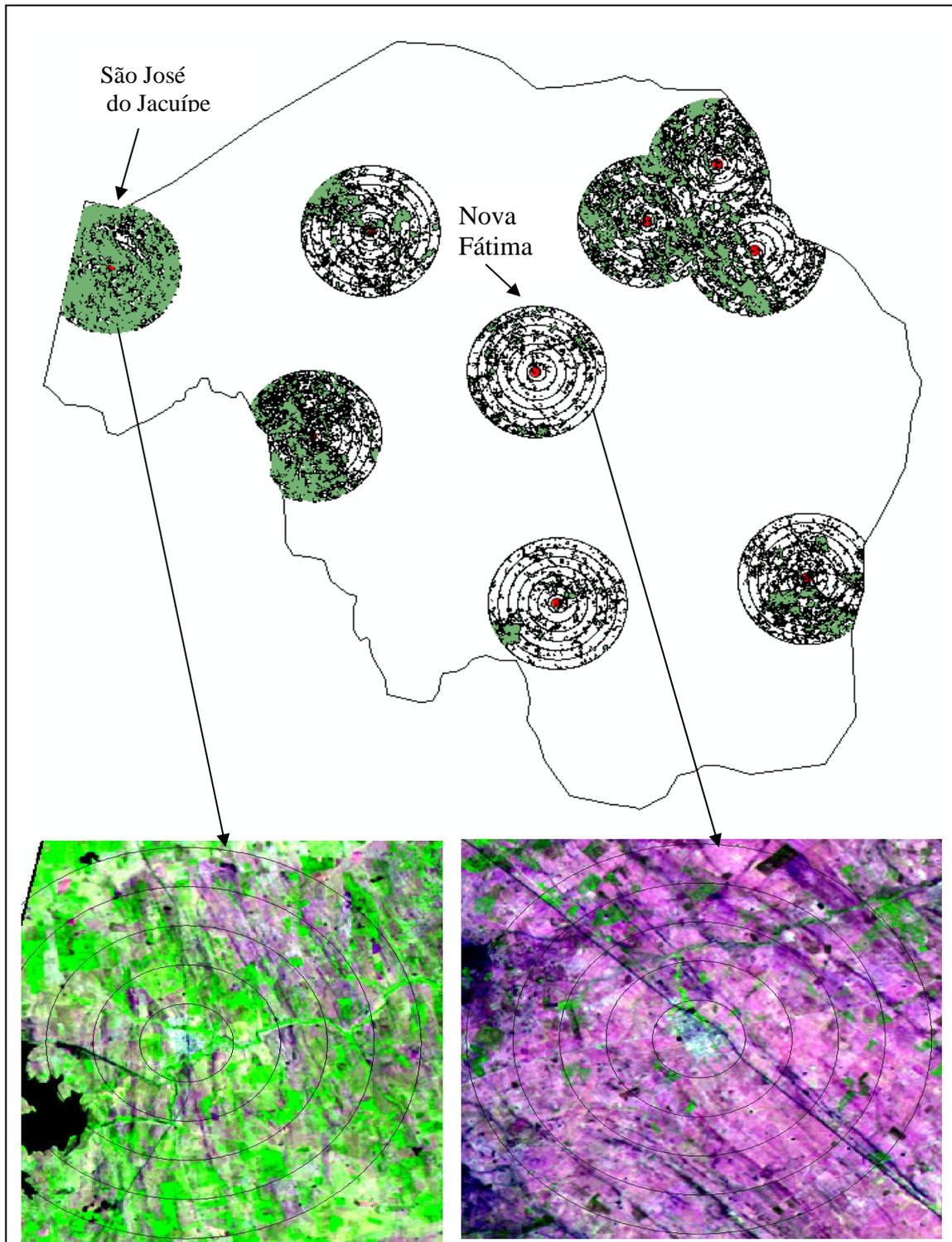


Figura 3.21 – Comparação da cobertura vegetal dos mapas de distância das sedes do médio Jacuípe. Detalhe: projeção dos buffers na imagem de satélite das cidades de São José e Nova Fátima.

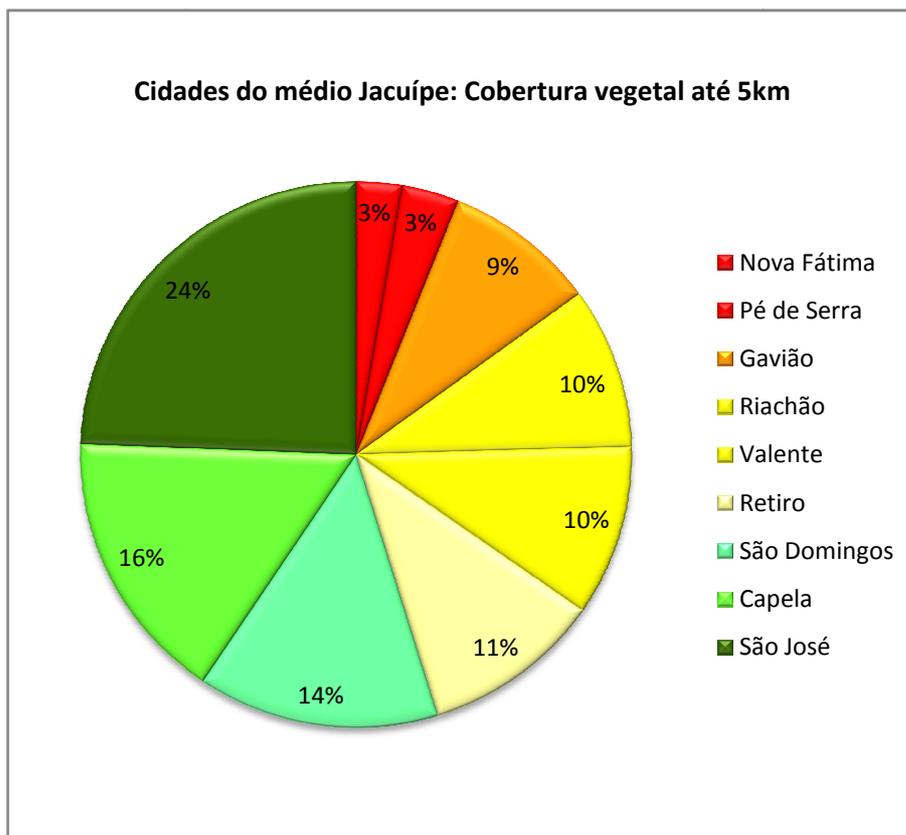


Figura 3.22– Percentual de cobertura vegetal das cidades do médio Jacuípe até 5km
 Fonte: Mapa de cobertura vegetal de 2008, a partir do Landsat TM 5, elaborado pela autora.

Quadro 3.5 - Graus de pertinências *fuzzy* máximo – variável sedes

Sedes municipais	$\mu(x)$
Nova Fátima	1,0
Pé de Serra	1,0
Gavião	0,9
Riachão	0,8
Valente	0,8
Retirolândia	0,75
São Domingos	0,65
Capela do Alto Alegre	0,6
São José do Jacuípe	0,5

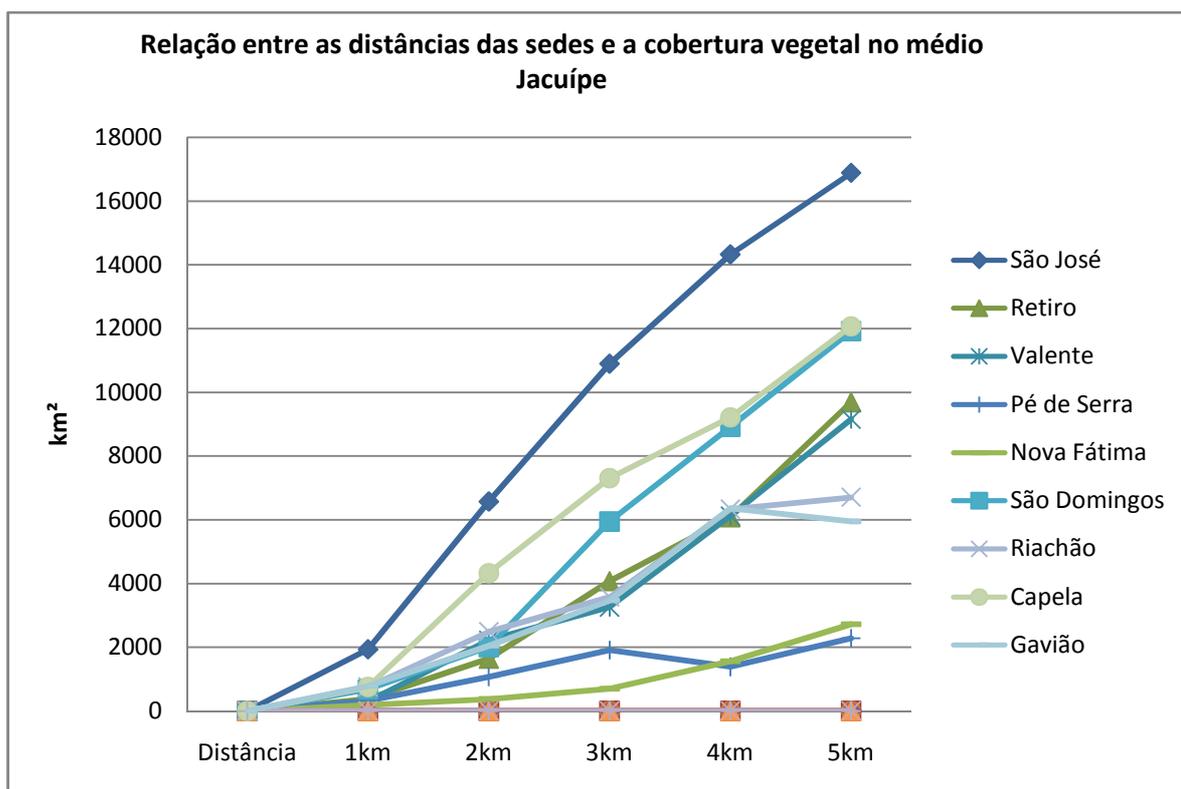


Figura 3.23 – Relação entre as distâncias das sedes e a cobertura vegetal no médio Jacuípe

Na análise individual, foram organizados gráficos com os dados de cobertura vegetal de cada sede, em percentual, a fim de facilitar a escolha do valor a ser indicado para a pertinência ao conjunto *fuzzy* para estimativa da susceptibilidade à degradação ambiental no médio Jacuípe (**Figura 3.24**).

Foram elaborados os seguintes critérios para atribuição do valor de pertinência *fuzzy* para as distâncias de cada sede municipal:

$\mu(x)$ máximo para cobertura até 1km igual ou menor que 5%

$\mu(x)$ máximo para cobertura até 2km menor que 10%

$\mu(x)$ máximo - 0,5 para cobertura até 2km maior que 10% e até 3km menor que 15%

$\mu(x)$ máximo -0,1 para cobertura até 3km maior que 15% até 4km maior que 25%

$\mu(x)$ máximo - 0,15 para cobertura até 4km maior que 25% e até 5km menor que 35%

$\mu(x)$ máximo - 0,20 para cobertura até 5km maior que 35%

A partir da relação entre os gráficos com os percentuais de cobertura vegetal em cada distância, associados aos critérios acima elencados, foram definidos os valores de pertinência ($\mu(x)$) de cada distância das sedes ao conjunto *fuzzy* de áreas susceptíveis à degradação ambiental no médio Jacuípe, como demonstra o **Quadro 3.6**.

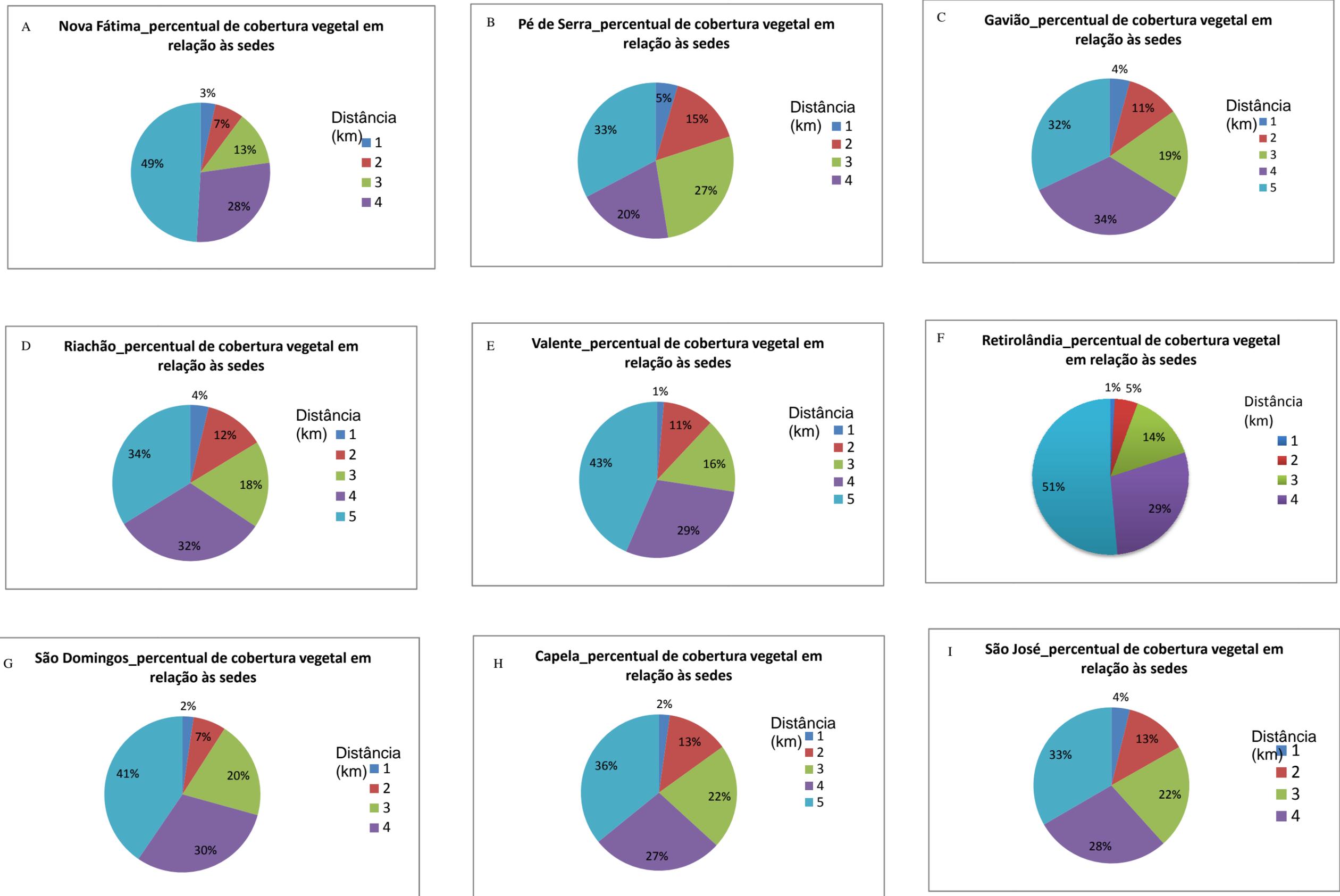


Figura 3.24 – Percentual de cobertura vegetal natural e agrícola em cada distância das sedes municipais (1km – 5km). A) Nova Fátima. B) Pé de Serra. C) Gavião. D) Riachão. E) Valente. F) Retirolândia. G) São Domingos. H) Capela. I) São José.

Quadro 3.6 - Graus de pertinências *fuzzy* – variável sedes por distância.

Nova Fátima	$\mu(x)$	Pé de Serra	$\mu(x)$	Gavião	$\mu(x)$
Distância	1,0	Distância	1,0	Distância	0,9
1km	1,0	1km	1,0	1km	0,9
2km	1,0	2km	0,95	2km	0,85
3km	0,95	3km	0,9	3km	0,8
4km	0,85	4km	0,9	4km	0,75
5km	0,8	5km	0,85	5km	0,75
Riachão	$\mu(x)$	Valente	$\mu(x)$	Retiro	$\mu(x)$
Distância	0,8	Distância	0,8	Distância	0,75
1km	0,8	1km	0,8	1km	0,75
2km	0,75	2km	0,75	2km	0,75
3km	0,7	3km	0,7	3km	0,65
4km	0,65	4km	0,65	4km	0,6
5km	0,65	5km	0,6	5km	0,55
São Domingos	$\mu(x)$	Capela	$\mu(x)$	São José	$\mu(x)$
Distância	0,65	Distância	0,6	Distância	0,5
1km	0,65	1km	0,6	1km	0,5
2km	0,65	2km	0,55	2km	0,45
3km	0,55	3km	0,5	3km	0,4
4km	0,50	4km	0,45	4km	0,35
5km	0,55	5km	0,4	5km	0,35

3.3.2.3 Solos e declividade

Sabe-se que a relação entre a cobertura vegetal, o solo e a declividade é determinante no processo erosivo. Em estudo numa área semiárida do Ceará, Oliveira (1984) considerou a cobertura vegetal como primordial na atenuação da erosão, considerando que sem cobertura vegetal perene a taxa de erosão (cm/ano) é de 0,505 cm/ano, enquanto em áreas com 50% de cobertura vegetal, a taxa cai para 0,028 cm/ano.

Ponderando-se que no médio Jacuípe existem diversas áreas que sofreram redução quase total da cobertura vegetal, desde 1973 a 2008, pode-se inferir que houve grande perda de solo ao longo dessa décadas.

Deve-se observar, contudo, que a escala do mapeamento dos solos utilizada foi fornecida pelo MMA, tratando-se de uma escala pequena, de menor detalhe; assumiu-se

utilizá-la, porque esse estudo está sendo realizado numa escala média, de aproximadamente 1:500.000 e não havia condição de realizar um mapeamento mais detalhado dos solos.

Foram identificadas quatro classes no mapa de solos (Neossolos regolíticos e litólicos, Planossolo e Latossolo. De acordo com o IBGE (2005), os neossolos são solos jovens, em início de formação, constituídos por material mineral ou material orgânico pouco espesso, sendo, portanto pouco desenvolvidos (menos de 30 cm de espessura), sem apresentar qualquer tipo de horizonte B, podendo ainda ser arenosos. A essa classe de solos, atribui-se maior grau de pertinência ao conjunto *fuzzy*, por considerá-la mais suscetíveis à erosão.

Quanto aos Planossolos, estão mais relacionados a áreas planas, horizontalizadas, sendo geralmente solos desenvolvidos com encharcamento superficial estacional. Por serem vulneráveis à erosão laminar, atribui-se grau de pertinência duvidosa ao conjunto *fuzzy* para essa classe, no intuito de correlacioná-la à declividade, evitando superestimá-la.

Já o Latossolo vermelho amarelo distrófico representam solos um pouco mais desenvolvidos, de material altamente alterado; considerou-se que essa classe de solo, no contexto analisado, é um pouco mais resistente à erosão, atribuindo-lhe peso 4.

O **Quadro 3.7** sintetiza a atribuição de graus de pertinência máximos para cada classe de solo utilizada.

Quadro 3.7 - Graus de pertinências *fuzzy* – variável solos.

SOLOS Classes	$\mu(x)$ Valor máximo: 0,7
NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos (RLe)	0,7
NEOSSOLOS REGOLÍTICOS Eutróficos (RRe)	0,6
PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico solódico (SXen)	0,5
LATOSSOLO VERMELHO- AMARELO Distrófico (LVAd)	0,4

Quanto à declividade, o mapa original é mais confiável e de escala mais adequada, já que foi derivado do modelo digital de terreno (SRTM), que auxiliou a delimitar a área do médio Jacuípe.

Valeriano (2008, p. 86) assim definiu a declividade: “A declividade é o ângulo de inclinação da superfície local em relação ao plano horizontal. Pode ser expressa em graus ou em porcentagem.”

A declividade é uma importante variável no âmbito dos estudos ambientais, uma vez que influencia a interação entre as chuvas, os solos, a infiltração, o escoamento superficial da água.

Para categorizar a declividade, utilizou-se a proposição de Florenzano (2008, p.119) para a classificação morfológica do relevo:

Muito baixa ($< 2^\circ$);

Baixa (2° a 6°);

Média (6° a 20°).

No caso do médio Jacuípe, conforme demonstrou o MDT e o mapa hipsométrico, predominam altitudes muito baixas (menor que 550m), de modo que a declividade máxima é 8° , contudo, predomina na área a declividade acima de $6,5^\circ$.

Considerando que há predominância do Planossolo no médio Jacuípe, pode-se afirmar que a principal contribuição para a susceptibilidade à degradação ambiental dessa declividade geral diz respeito à erosão laminar ou em lençol, que embora trate-se de um tipo de erosão mais difícil de identificar ocorre no médio Jacuípe, devido à combinação de áreas sem cobertura vegetal, solos do tipo Planossolo e declividade média (acima de $6,5^\circ$).

Nesse sentido, atribuiu-se 70% de pertinência máxima ao conjunto fuzzy para as áreas com declive entre 8° e 9° , declinando a pertinência de acordo com a diminuição da declividade, conforme aponta o **Quadro 3.8**:

Quadro 3.8 - Graus de pertinências fuzzy – variável declividade.

DECLIVIDADE Classes (°)	$\mu(x)$ Valor máximo: 0,7
8,0 – 9,0	0,7
7,0 – 8,0	0,65
6,0 – 7,0	0,60
4,5 – 6,0	0,55
3,0 - 4,5	0,5
1,5 – 3,0	0,5
0 – 1,5	0,5

3.3.2.4 Estradas

Quanto às estradas e suas áreas de influência, sabe-se que são importantes redes técnicas - objetos artificiais fixos - que provocam diversos efeitos nas paisagens e áreas sob sua influência, a exemplo dos citados por Casteletti *et alii* (2005) :

Modificações no comportamento dos animais devido à construção e manutenção das estradas, mortalidade por atropelamento, alterações na vegetação, facilidade de propagação de fogo, alterações no ambiente químico, modificações no ambiente físico, expansão de espécies exóticas e modificações no uso humano da terra e da água (Trombulak & Frissell, 2000). (CASTELETTI *et alii*, 2005, p. 720).

Nesse sentido, os autores estimaram que a largura da zona de efeito da estrada, em sua área de estudo (ambiente de caatinga), seria de 7km e aplicaram essa faixa de influência a outras faixas, testando essa variável.

Bueno *et alii* (2009), destacaram a construção de estradas e expansão de cidades como vetores de desflorestamentos, mas alertaram que apesar de terem considerado as estradas de modo indiscriminado, os trabalhos que visem mensurar mais adequadamente a zona de influência das estradas devem classificá-las hierarquicamente. No seu estudo, constataram que a área de influência mais significativa das estradas foi de 2km.

Ao considerar o fator estrada como propulsor de degradação ambiental, deve-se avaliar o que indicou o DERBA (2010) a respeito da faixa de domínio, que consiste na área de utilidade pública em torno das rodovias, que deve ser de 60m – 30m para cada lado a partir do eixo da rodovia, acrescidos de mais 15m de cada lado – que corresponde à faixa “non-aedificandi”, na qual não é permitida a construção, exceto com autorização dos órgãos responsáveis.

Devido ao fato de que o Médio Jacuípe é cortado por diferentes estradas, tanto federais (BR) como estaduais (BA), com diferentes tipos de pavimentação, conforme demonstra a **Figura 3.25**, foi necessário considerar a importância relativa e diferenciada de cada tipo de estrada.

A **Figura 3.26** apresenta a comparação entre os três tipos de estradas, possibilitando o estabelecimento de valores máximos iguais para BR324 e as BAs/BRs pavimentadas, indicando uma pertinência maior ao conjunto *fuzzy* de susceptibilidade à degradação ambiental no entorno dessas vias até 1km, enquanto para as BAs/BRs implantadas não pavimentadas, atribuiu-se um valor menor de pertinência ao conjunto *fuzzy*, visto que apresenta um pouco mais de cobertura vegetal até 1km e nas demais distâncias. Nota-se, portanto, que as estradas não pavimentadas do médio Jacuípe causam menos de impacto à cobertura vegetal do que as estradas pavimentadas.

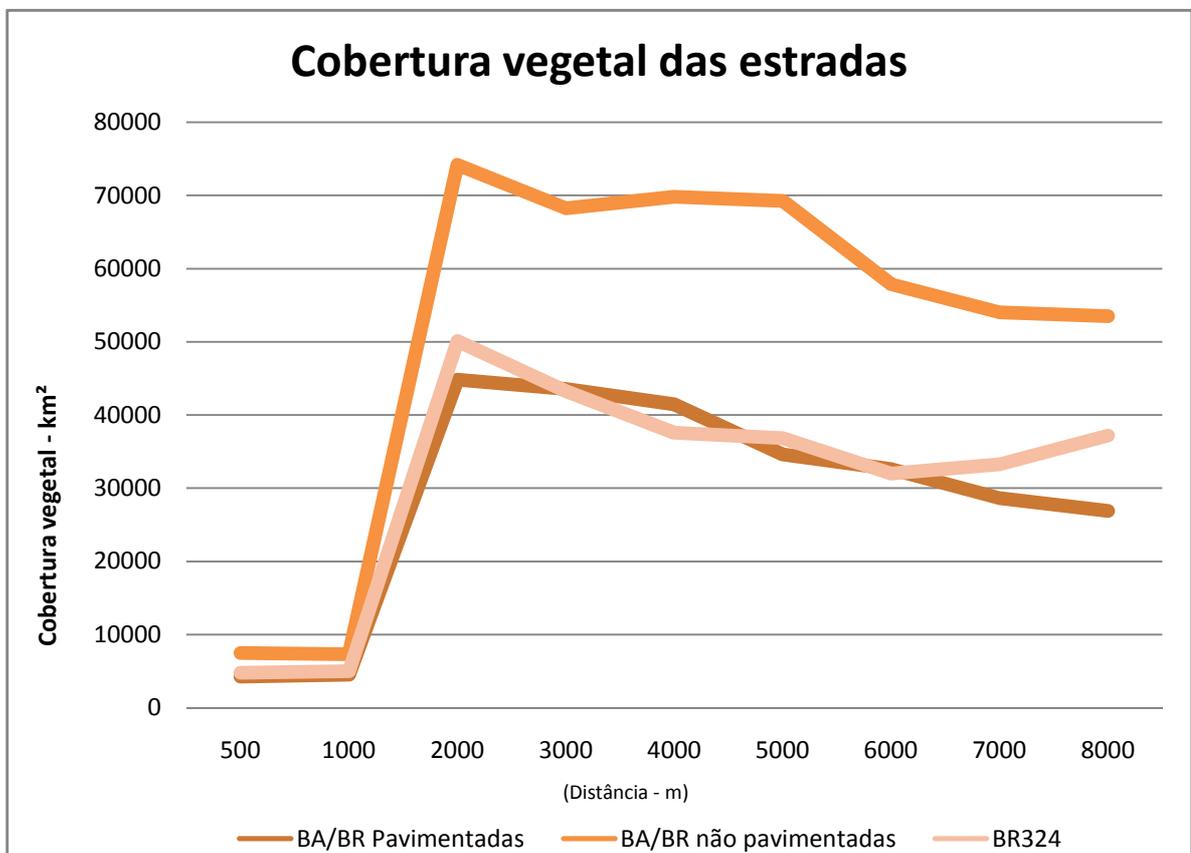


Figura 3.26 – Comparação da cobertura vegetal das estradas do médio Jacuípe (km²).

Realizou-se o cálculo das áreas com cobertura vegetal em cada distância considerada para a identificação da zona de influência das estradas no que tange à degradação ambiental. Assim, a pertinência *fuzzy* foi estabelecida de acordo com o que indica a **Figura 3.27**, na qual pode-se observar que a BR324 possui uma influência mais direta sobre a cobertura vegetal, no sentido de sua retirada, até 1km; observa-se que a 2km existe 16% de cobertura vegetal, a

3km existe 14%, regredindo para 12% de cobertura em 5km, para 10% em 6km e 7km, aumentando levemente para 12% de cobertura vegetal em 8km e 9km.

A aparente disparidade na relação entre a cobertura e as áreas próximas à BR324, não sendo tão evidente a partir de 1km pode estar associada à instalação de monoculturas em áreas relativamente próximas às estradas, a fim de facilitar o escoamento da produção. A análise individualizada dos dados de cobertura vegetal até 1km demonstra que há forte influência das estradas até 50m, estando a cobertura vegetal relativamente distribuída até 1000m. Note-se contudo, que na relação com a cobertura vegetal das demais distâncias, até 1km há 2% de cobertura vegetal apenas, o que indica forte desmatamento nessas áreas.

Assim, os valores de pertinência *fuzzy*, atribuídos à variável BR324, foram estimados conforme demonstra o **Quadro 3.9**, atribuindo-se maior valor de pertinência às áreas até 1km da BR324.

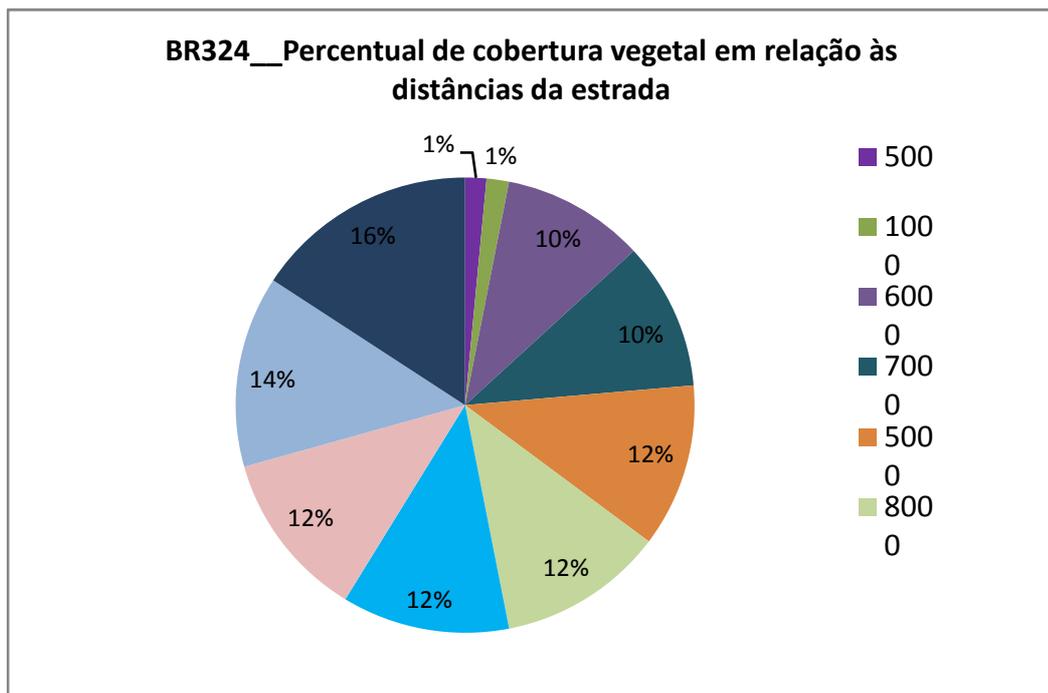


Figura 3.27 – Percentual de cobertura vegetal em relação às distâncias da BR324.

De forma análoga ao que ocorre com a zona de influência da BR324, as demais estradas, mesmo as implantadas e não pavimentadas, conforme expõe a **Figura 3.28** possuem menos cobertura vegetal até 1km (apenas 5% do total), aumentando sensivelmente a área com cobertura vegetal em 2km para 17%, seguida de 3km e 4km com 16% de cobertura vegetal. Observa-se um decréscimo progressivo a partir de 5km (13% de cobertura vegetal), de 6km (12% de cobertura vegetal), seguido de 7km e 8km, com 11% e 10% de cobertura vegetal, respectivamente.

Quadro 3.9 - Graus de pertinências *fuzzy* – variável BR324.

BR 324 Classes/distância	$\mu(x)$ 0,8
0-50m	0,8
50 – 1000m	0,7
1000 - 2000	0,5
2000 - 3000	0,5

A análise individual dos dados até 1km demonstrou que há maior desmatamento até 100m das estradas não pavimentadas.

Nesse sentido, os valores de pertinência ao conjunto *fuzzy* atribuídos para a variável estradas não pavimentadas (BA/BR), seguiram a análise da relação da cobertura vegetal por distância, de modo que foram organizados conforme demonstra o **quadro 3.10**.

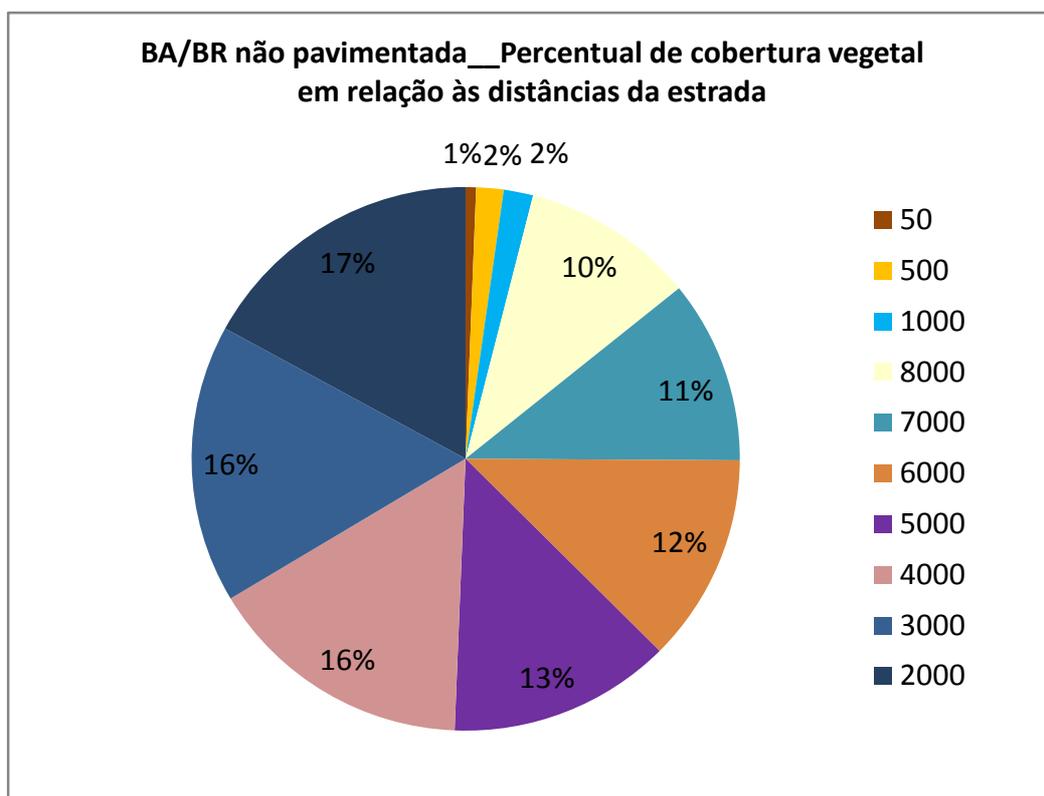


Figura 3.28 – Percentual de cobertura vegetal em relação às distâncias das BAs/BR324.

Quadro 3.10 - Graus de pertinências *fuzzy* – variável BA/BR não pavimentadas.

BA/BR não pavimentadas Classes/distância	$\mu(x)$ 0,7
0 – 100	0,7
100-1000	0,6
1000-2000	0,5

Para a variável BA/BR pavimentada, observou-se um comportamento semelhante ao observado na BR324 (pavimentada) e nas BAs/BRs não pavimentadas, quanto ao padrão de cobertura vegetal relacionados às distâncias e comparados entre si. Conforme indica a **Figura 3.29**, até 1km encontrou-se 2% de cobertura vegetal, o que indica forte desmatamento nessa área; daí até 2km houve um aumento significativo para 15% de cobertura vegetal, seguido de um pequeno decréscimo para 14% de cobertura vegetal entre 3km a 5km de distância. Há ainda um decréscimo maior, para 11% de cobertura vegetal de 6km a 8km de distância, reduzindo-se ainda mais em 9km (8% de cobertura vegetal).

Na análise individualizada dos dados de cobertura vegetal até 1km, pode-se constatar que há forte desmatamento até 100m dessas estradas, o que torna sua influência um pouco maior que a da BR324.

A partir desses indicadores, foram atribuídos os valores de pertinência fuzzy a cada distância considerada, conforme o exposto no **Quadro 3.11**.

Para essas estradas, pode-se comprovar em campo, especialmente para as BAs que cortam o setor Norte do médio Jacuípe, que o aumento progressivo da cobertura vegetal se dá em virtude da ocorrência de cultivos de sisal e palma, nas áreas de proximidade relativas das estradas, a fim de facilitar o escoamento da produção, além de áreas de ocorrência de caatinga em níveis diferenciados.

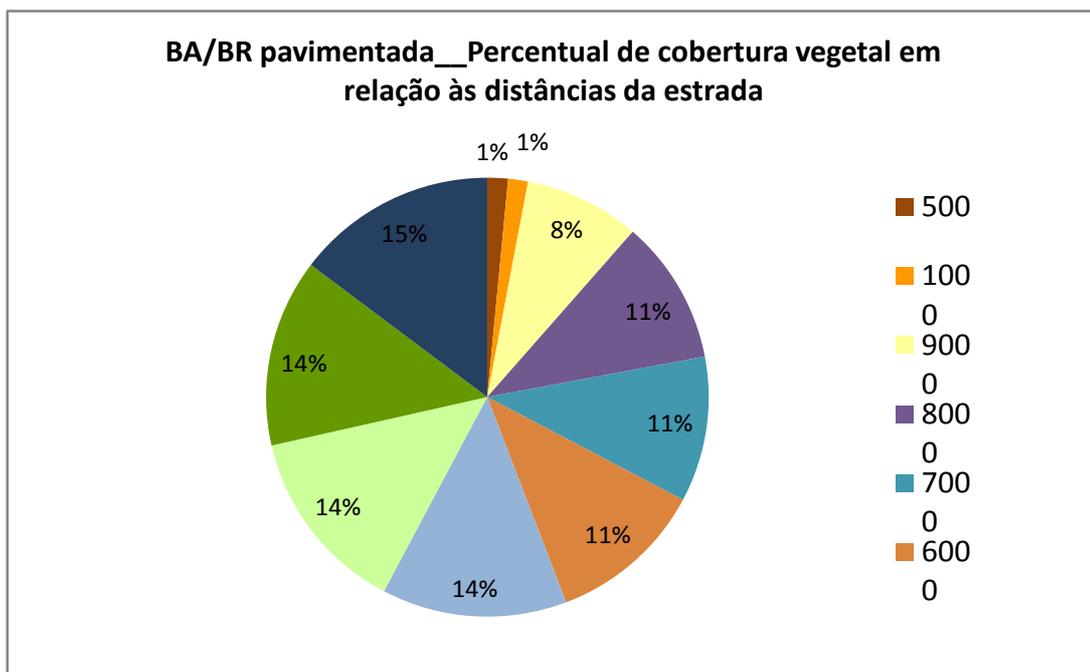


Figura 3.29 – Percentual de cobertura vegetal em relação às distâncias das estradas pavimentadas.

Quadro 3.11 - Graus de pertinências *fuzzy* – variável BA/BR pavimentadas.

BA/BR pavimentadas Classes/distância (m)	$\mu(x)$ 0,8
0-100	0,8
100-1000	0,7
2000	0,5
3000	0,5

De modo geral, no contexto das zonas imediatas de influência das estradas ocorrer nas áreas muito próximas das estradas, pode-se considerar como hipótese explicativa a facilidade para carregar caminhões e caminhonetes com lenha, de modo que essas áreas estão muito submetidas a essa exploração.

3.3.2.5 Hidrografia

Considerando-se o fato de que a drenagem da bacia do rio Jacuípe é efêmera nos riachos e intermitente apenas no curso principal (rio Jacuípe) e do seu principal afluente – o Sacraiu, foram testadas as zonas de influência do Jacuípe e do Sacraiu para a cobertura vegetal, em intervalos de 200m, até 2000m (**Figura 3.30**).

Esses cursos hídricos têm seu entorno utilizados principalmente para a instalação de pastagens, com vistas à dessedentarização dos animais nos períodos que possuem água, além de aproveitar os poços naturais que se mantêm nos períodos secos.

Mais próximo às margens, outro uso corrente é a extração de argila para a fabricação de blocos e telhas para a construção civil, contudo nesse estudo, esse uso – por ser pontual, não foi passível de mapeamento.

No rio Jacuípe, constatou-se que há mais cobertura vegetal na área até 200m (16%) e até 400m (12%), se forem considerados o conjunto da cobertura vegetal até 1,8km, conforme indica a **Figura 3.31**. Entretanto, sabe-se que tal cobertura corresponde em grande parte à algaroba, que tem recomposto a mata ciliar no médio Jacuípe. Além disso, nas áreas até 200m ocorre em vários pontos do rio Jacuípe a retirada de argila.

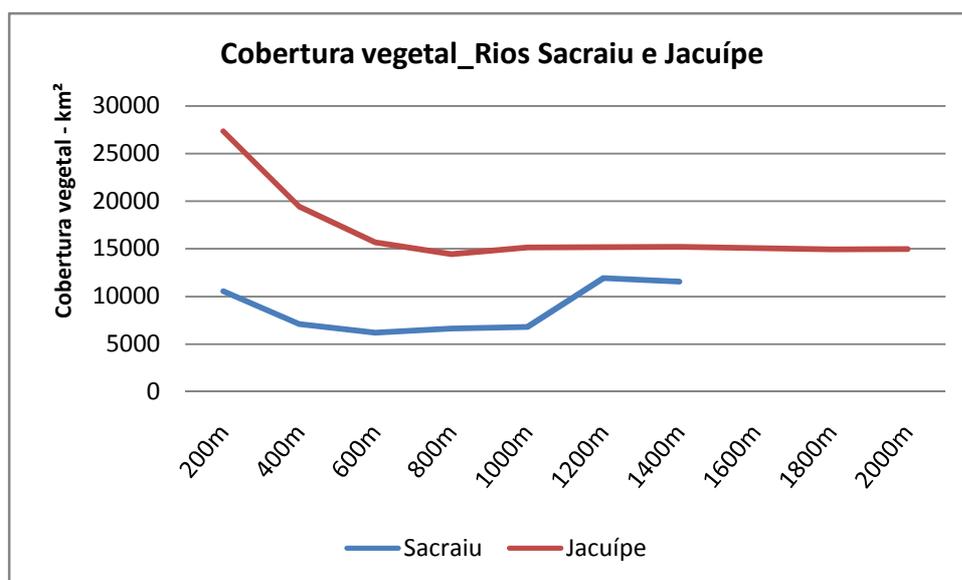


Figura 3.30 – Percentual de cobertura vegetal em relação às distâncias dos rios Sacraiu e Jacuípe.

Constatou-se que há um pouco mais de cobertura vegetal até 400m do leito principal, havendo certa homogeneização na quantidade de cobertura a cada 200m a partir daí, de modo que dos 600m a 2,0km, com intervalos de 200m, a cobertura vegetal mantém-se mais ou menos proporcional nessas áreas (com aproximadamente 9% de cobertura vegetal), o que indica o declínio da cobertura a partir dos 600m, uma vez que em 400m de distância ainda se encontra 12% de cobertura vegetal. Esse fato pode ser explicado tanto pelo acréscimo das Algarobas nas áreas próximas ao leito, como pelo uso preferencial das terras próximas à bacia de inundação do rio para implantação de pastagens (no caso das áreas sem cobertura vegetal).

Por essa razão, embora a variável cobertura vegetal possa ser quantificada, não foi a única considerada para indicar os valores de pertinência *fuzzy* (**Quadro 3.12**) que cada distância do rio tem em relação à susceptibilidade à degradação ambiental. Pode-se então afirmar que as áreas de até 2km do rio Jacuípe pertencem ao conjunto das áreas susceptíveis de ocorrer a degradação ambiental.

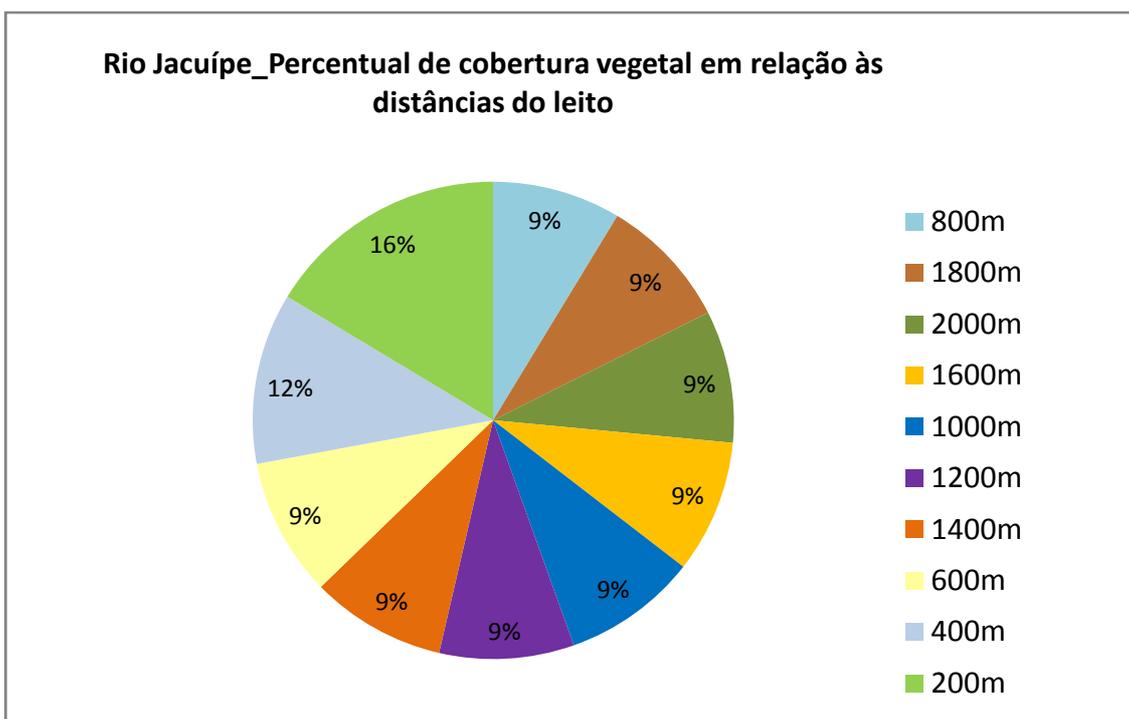


Figura 3.31 – Percentual de cobertura vegetal em relação às distâncias do rio Jacuípe.

Quadro 3.12 - Graus de pertinências *fuzzy* – rio Jacuípe.

Rio Jacuípe Classes/distâncias	$\mu(x)$
0 – 200m	0,85
200- 600m	0,83
600-800m	0,79
800-1000m	0,76
1000-2000m	0,72

Quanto ao rio Sacraiu, a **Figura 3.32** demonstra o percentual de cobertura vegetal em cada distância considerada, a fim de atribuir graus de favorabilidade à ocorrência da degradação ambiental (pertinência *fuzzy*), a partir do indicador cobertura vegetal. Contudo, embora não se possa mensurar estatisticamente, as áreas de mineração foram associadas às distâncias de até 200m do rio Sacraiu, embora no conjunto da cobertura vegetal até 1,8km, essas áreas contenham 17% da cobertura vegetal. Sabe-se ainda que uma parte dessa cobertura não corresponde à vegetação nativa, mas sim à algaroba, que tem dispersado pelo médio Jacuípe.

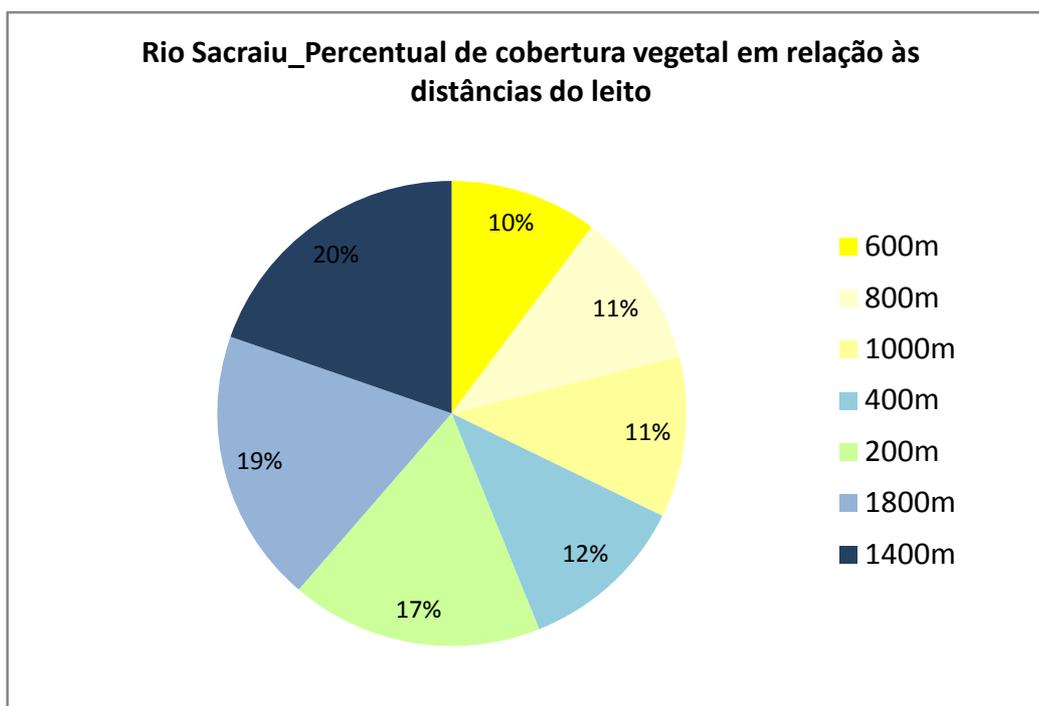


Figura 3.32 – Percentual de cobertura vegetal em relação às distâncias do rio Sacraiu.

A análise individualizada dos dados demonstrou que há menos cobertura vegetal dos 400 aos 1000m, área utilizada como máxima influência do rio Sacraiu para a susceptibilidade à degradação ambiental, uma vez que a partir dos 1000m começa a haver acréscimo de cobertura vegetal. Esse fato pode estar relacionado à diminuição das pastagens e o aumento do cultivo de alguma cultura agrícola.

Assim, o valor atribuído a cada buffer do rio Sacraiu (pertinência *fuzzy*), relacionou-se diretamente ao percentual de cobertura vegetal contido, conforme demonstra o quadro 3.13.

Quanto ao valor máximo de pertinência *fuzzy* atribuído à variável ‘rio Sacraiu’, determinou-se que corresponde a 0,75 porque trata-se de um rio secundário, com menor extensão que o Jacuípe e, portanto, com menor área de influência em relação ao primeiro.

Quadro 3.13 - Graus de pertinências *fuzzy* – rio Sacraiu.

Rio Sacraiu Classes/distâncias	$\mu (x)$
0 – 200m	0,70
200- 600m	0,72
600-800m	0,68
800-1000m	0,65

3.3.2.6 IDH

O IDH dos municípios do médio Jacuípe é, de modo geral, muito baixo: variando entre 0,344 a 0,491. Assim, considerou-se que embora se trate de uma generalização, as práticas agrícolas tendem a ser tradicionais e a perspectiva de qualidade ambiental, calcada na idéia de manutenção do funcionamento do sistema natural e no desenvolvimento de atividades sustentáveis, são dificultadas pelo baixo nível de escolaridade, de qualificação técnica e de capacidade de investimento da população.

Ao tratar do processo de ocupação do semiárido e das práticas aí estabelecidas, Pinto (1984) a respeito do caatingueiro e após discutir a questão do baixo grau de escolaridade e da importância do conhecimento passado de geração para geração, destacou:

Há que se levar em conta que o homem das caatingas nordestina, de classe humilde, via de regra descendente do índio e do branco, é dotado de acuidade no seu sub-desenvolvimento, de caráter na sua tibieza, é um forte na sua simplicidade e um conservador no seu primitivismo. Seus hábitos, conhecimentos, fé e amor à terra passam de geração em geração. (...) Por isso que as tentativas de mudar-lhes os hábitos, em geral não surtem efeito; (...) o descaso do caboclo predomina; ele não copia nem imita, vive a sua vida. (PINTO, 1984, p. 199)

Se o autor estiver correto e o caatingueiro for mesmo um resistente às mudanças de hábitos que possam conduzir à melhoria da qualidade ambiental, destaca-se que apenas a educação, pela via do exemplo e da formação de uma nova mentalidade, será capaz de promover as mudanças necessárias. Além disso, é determinista generalizar tanto... Obviamente, há 'caatingueiros' que desenvolvem práticas menos degradadoras e assimilam mudanças com certa facilidade. Há os que, a partir de Associações, vêm buscando soluções!

Assim, considerou-se que a variável IDH, por não ser exata, mas uma aproximação por inferência e conhecimento relativo sobre a área, deve ter peso 5 dentre as variáveis consideradas, não devendo ser desprezada.

Nesse sentido, atribuiu-se os seguintes valores indicados no **Quadro 3.14** às classes de IDH. Deve-se ponderar que ao considerar o peso 5 para a variável IDH, o valor 0,5 indica as classes mais suscetíveis à ocorrência da degradação ambiental considerando-se que se trata do IDH mais baixo, decrescendo a chance para 30%, nas demais classes, uma vez que de modo geral o IDH é muito baixo nos municípios pesquisados.

Quadro 3.14 - Graus de pertinências *fuzzy* – IDH.

IDH Classes	$\mu (x)$
0,344 - 0,402	0,6
0,402 - 0,435	0,55
0,435 - 0,448	0,5
0,448 - 0,491	0,45

3.3.2.7 Integração das variáveis por inferência *fuzzy*

As evidências que constituíram o conjunto *fuzzy* para estimativa da susceptibilidade à degradação ambiental foram combinadas a partir de operadores *fuzzy* diferenciados, de acordo com o objetivo que se tinha para cada uma. Dessa forma, para definir o mapa de evidência *fuzzy* para as distâncias das cidades que mais contribuem para a degradação da cobertura vegetal, fez-se a combinação das diferentes cidades. Para isto utilizou-se o operador *fuzzy* SUM, cuja representação matemática é:

$$\mu = 1 - \prod(1-\mu_i)$$

Esse operador constitui-se numa soma em que todos os valores de pertinência de cada mapa é multiplicado pelas evidências dos demais mapas, de modo que todas as pertinências máximas são consideradas. Nesse sentido, o mapa *fuzzy* de cidades refletiu o que havia sido indicado nos graus de pertinência individuais (**Figura 3.33**).

Os diferentes mapas de estradas foram associados pelo operador *fuzzy* OR, que expressa-se pela seguintes fórmula:

$$\mu = \text{MAX} (\mu_a, \mu_b, \mu_c, \dots)$$

Silva (2003, p. 200) indicou que “O operador *<fuzzy OR>* controla os arquivos de saída a partir do maior valor do membro *fuzzy*, o que torna a análise com este operador mais otimista.”

Dessa forma, objetivou-se unir, como ocorre em operações booleanas, os valores máximos dos mapas de entrada. O resultado da união das estradas é demonstrado na **Figura 3.34**.

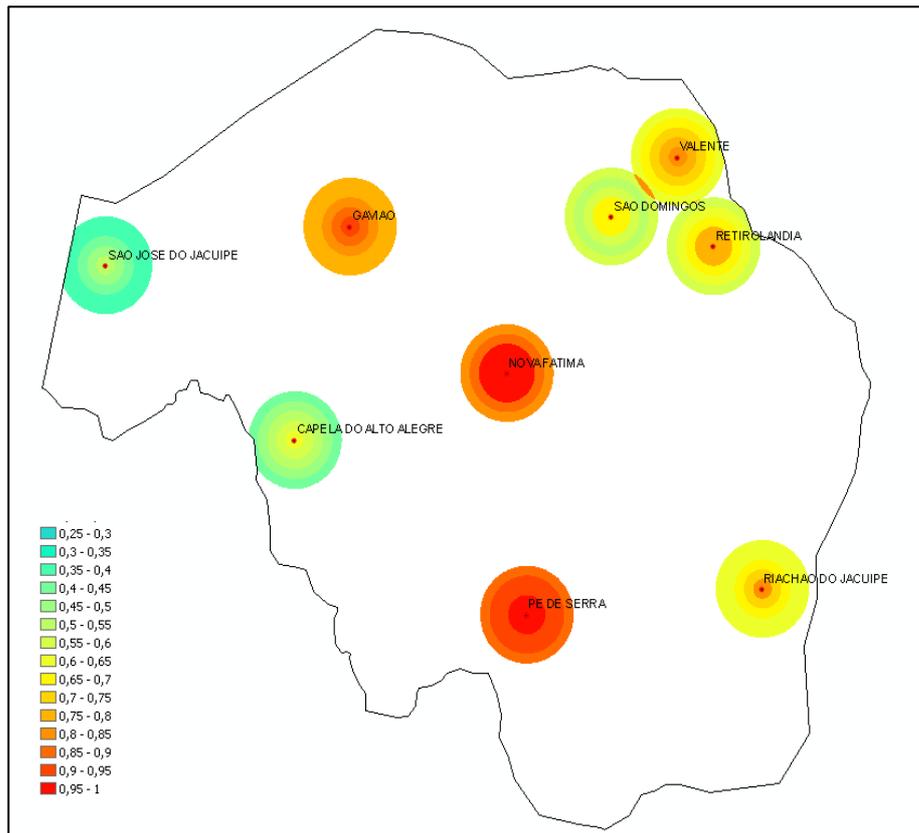


Figura 3.33 – Mapa de evidência *fuzzy* – sedes.

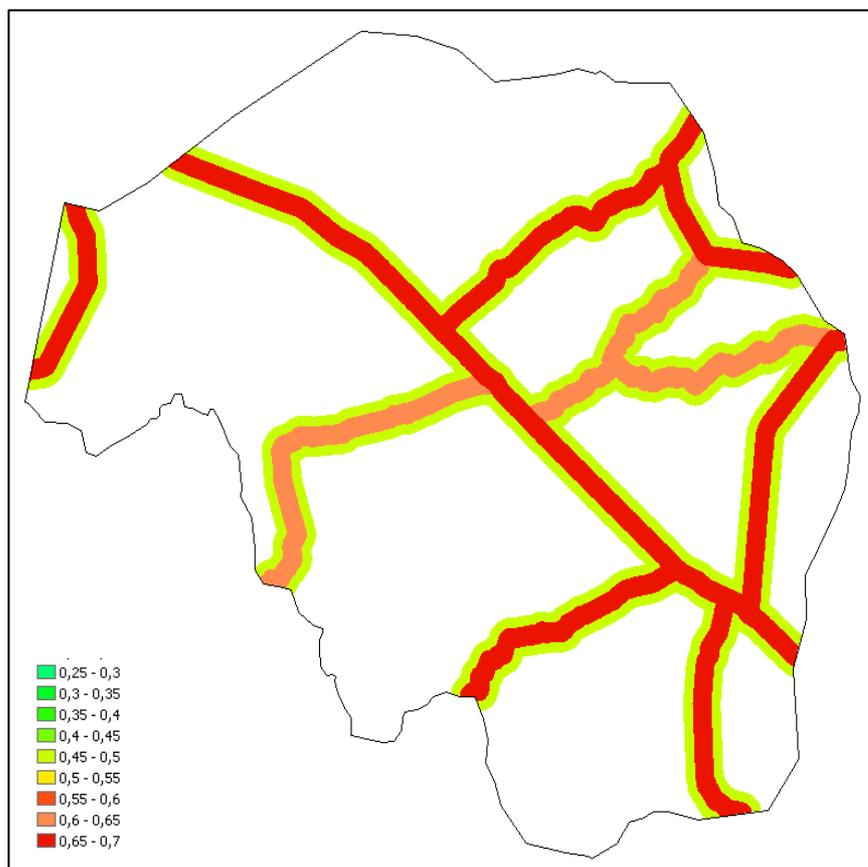


Figura 3.34 – Mapa de evidência *fuzzy* – estradas.

De forma análoga ao procedimento realizado para as estradas, os mapas de evidência *fuzzy* de hidrografia – rios Jacuípe e Sacraiu – foram combinados a partir da operação OR. A operação realizada consiste numa operação algébrica simples de combinação dos atributos, uma vez que, conforme discute Borges (2005), a função OR considerará verdadeira (1) a sentença sempre que qualquer um dos valores de entrada seja verdadeiro (1).

Nesse sentido, o resultado da combinação das variáveis hidrografia, manteve os diferentes valores de pertinência para cada rio, bem como a diferença das distâncias de suas áreas de influência, como aponta a **Figura 3.35**.

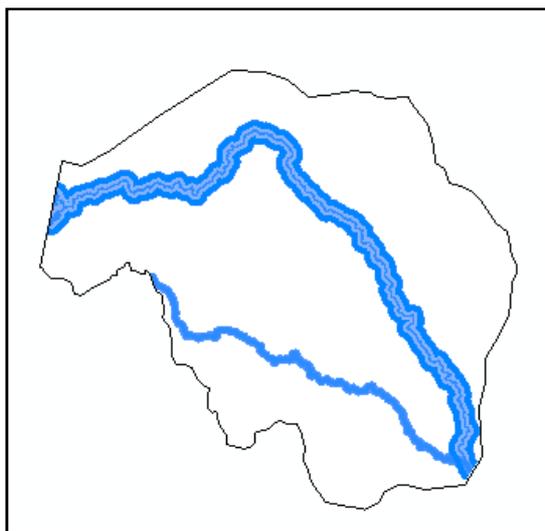


Figura 3.35 – Mapa de evidência *fuzzy* – hidrografia.

A fim de sintetizar as evidências que susceptibilizam o médio Jacuípe à degradação ambiental, após serem testados diversos operadores, optou-se pelo operador *<fuzzy SUM>*, que demonstrou um resultado mais fidedigno às subjetividades que não foram possíveis de indicar nos valores de pertinência *fuzzy*. Exemplo disso diz respeito às áreas de cobertura vegetal mais densa, situadas nas proximidades de rios e de estradas; levando-se em conta que não houve separação dos tipos de cobertura vegetal e sabendo-se que ter cobertura vegetal em relação a não ter seja um ganho ambiental, não se pode dizer que é o melhor para o sistema natural, bem como para a qualidade de vida a ele relacionado.

O operador *<fuzzy SUM>* evidencia as áreas com valor máximo de pertinência ao conjunto *fuzzy*. É representado pela seguinte fórmula:

$$\mu = 1 - \Pi(1-\mu_i)$$

Nesse estudo apresentou melhor resultado porque os valores máximos de pertinência foram atribuídos com base nos dados obtidos pela análise das áreas de cobertura vegetal em

cada mapa de distâncias, que produziu um resultado muito mais apurado em relação aos primeiros testes de identificação da susceptibilidade à degradação ambiental apoiados apenas no conhecimento que se tem da área e da consulta a especialistas. Por essa razão e por reconhecer a relativização dessas questões no operador $\langle fuzzy\ SUM \rangle$, optou-se por esse resultado.

A **Figura 3.36** sintetiza a integração dos mapas fuzzy utilizada para organizar os mapas de evidência *fuzzy*.

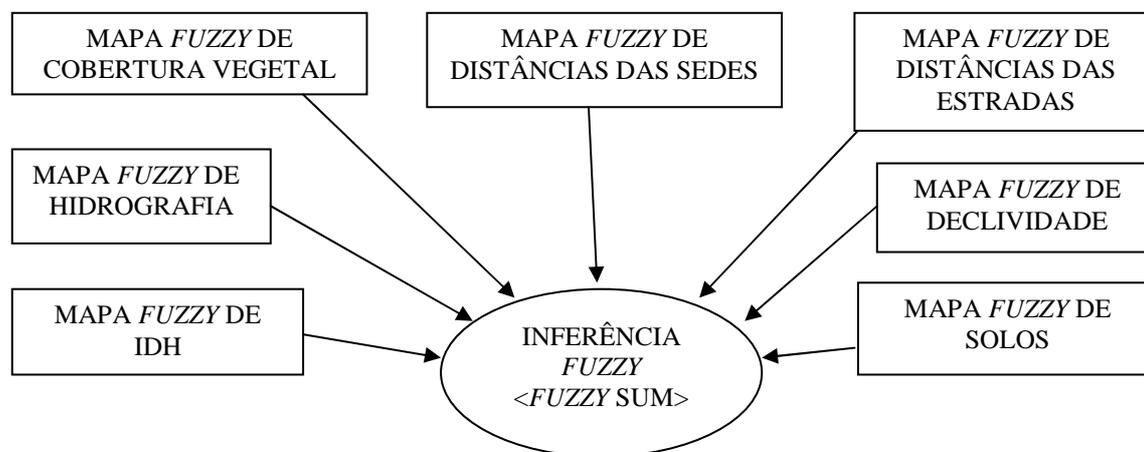


Figura 3.36 - Integração dos mapas de evidência *fuzzy*

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.4.1 O que indicou o Sensoriamento Remoto

A **Figura 3.37** resultante da exploração das imagens Landsat para os anos de 1973, 1980, 1987, 1997 e 2008, representa instantes diferenciados da cobertura da terra no médio Jacuípe. Essas cartas-imagem são, portanto, elementos úteis ao entendimento da forma como a cobertura vegetal foi sendo reduzida ao longo desses anos, para começar a aumentar em 2008. Contudo, nem tudo que parece é, e uma análise das imagens, associadas aos dados e ao conhecimento da área, indicam que o recente aumento da cobertura vegetal não se seu por acréscimo de caatinga, mas especialmente pelo avanço da algaroba, especialmente nos setores Noroeste, Oeste e Sudoeste do médio Jacuípe.

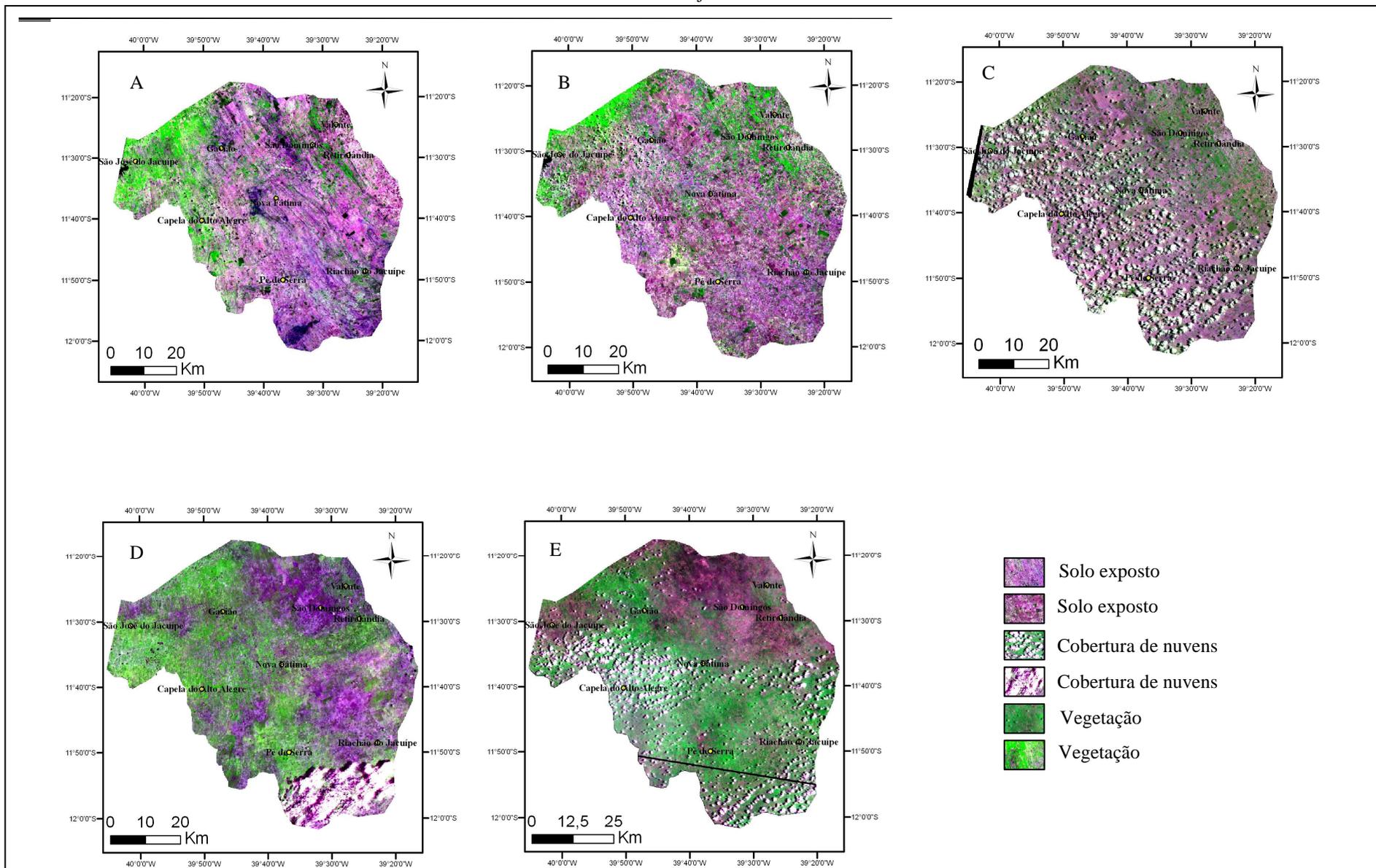


Figura 3.37 – Carta imagem do médio Jacuípe.
 A) 2008; B)1997; C)1987; D)1980; E) 1973.

Em 1973, podia-se ainda encontrar uma cobertura vegetal considerável, que pode estar expressando uma interferência humana ainda pequena, ou pastagens de qualidade, oferecendo cobertura vegetal ao solo. Nota-se que há manchas de desmatamento em núcleos de povoamento e seu entorno e, marcadamente na área que se configurou como área de cultivo de sisal; assim, em se tratando de uma monocultura, consumidora de grandes extensões de terra, estima-se que o desmatamento detectado na imagem de 1973 demonstra o processo de retirada da cobertura vegetal original para a instalação/acréscimo de sisalais nos setores Norte e Nordeste da imagem.

Em 1980, observou-se que o processo de desmatamento e a exposição dos solos ampliou-se para diversos trechos da bacia, com destaque para a área do município de Riachão do Jacuípe e de São José do Jacuípe.

Os dados satelitários comprovam a indicação da SEI (2001) de que o rio Jacuípe serviu de via de penetração para o interior, estando nítido na imagem de 1980 que, de modo geral, as áreas próximas ao leito principal do rio Jacuípe começaram a ser desmatadas antes das demais.

Em 1987, o processo de exposição dos solos aumentou, fato que está associado ao grande crescimento dos rebanhos (bovinos, ovinos e caprinos).

Destaca-se que diante de tal processo de exposição dos solos, as áreas de sisalais passaram a se destacar no que diz respeito à cobertura do solo, invertendo o padrão de denudação demonstrado nos mapas anteriores. A recuperação dos sisalais pode indicar:

1. ocupação de áreas antes abandonadas, o que equivale ao replantio de sisal em áreas já desmatadas;
2. avanço da atividade sisaleira em detrimento da pastagem;
3. avanço do desmatamento sobre áreas de caatinga, para a expansão dos sisalais.

As opções para o replantio dos sisalais dependem da escolha de cada agricultor e dependem de fatores econômicos (escolha pelo que compensar mais) e culturais (é sempre relativa a idéia de custo-benefício, uma vez que para um agricultor, derrubar a caatinga para plantar pode significar um custo elevado, mas sempre há a possibilidade de queimar para “limpar o terreno”, por exemplo; ou ainda, pode-se optar por queimar a caatinga para plantar o sisal porque sabe-se que o terreno fica fértil após a queimada; pode-se optar por plantar numa área de pastagem já “cansada”, porque não “está saindo comida” para o gado e deseja-se aproveitá-la; pode-se ainda optar por conservar a caatinga que resta, porque sabe-se da sua importância para o equilíbrio do sistema natural, ou porque é uma área preservada pelos

antepassados e não se deseja mexer). As razões percebidas a partir das conversas e da vivência com os agricultores são as mais variadas.

De qualquer forma, o avanço dos sisalais sobre áreas de pastagem indica um aumento da cobertura vegetal, já que se trata de maior cobertura do solo e aumento da proteção contra processos erosivos, como demonstra a **Figura 3.38**.

Destaca-se que, embora não se tenha detalhado o estudo acerca das áreas preferenciais da algaroba no médio Jacuípe, observa-se que tem se expandido bem em áreas de Latossolo vermelho amarelo distrófico e também no Planossolo eutrófico háplico (especialmente às margens do rio Jacuípe), o que demonstra que a algaroba (*Prosopis juliflora*) possui tolerância e adaptabilidade muito elásticas com relação às condições ambientais, especialmente considerando-se que o estudo de Pegado *et alii* (2006), constatou que a espécie ocorria em maior concentração em áreas de Neossolos flúvicos e às margens do rio Paraíba (PB).

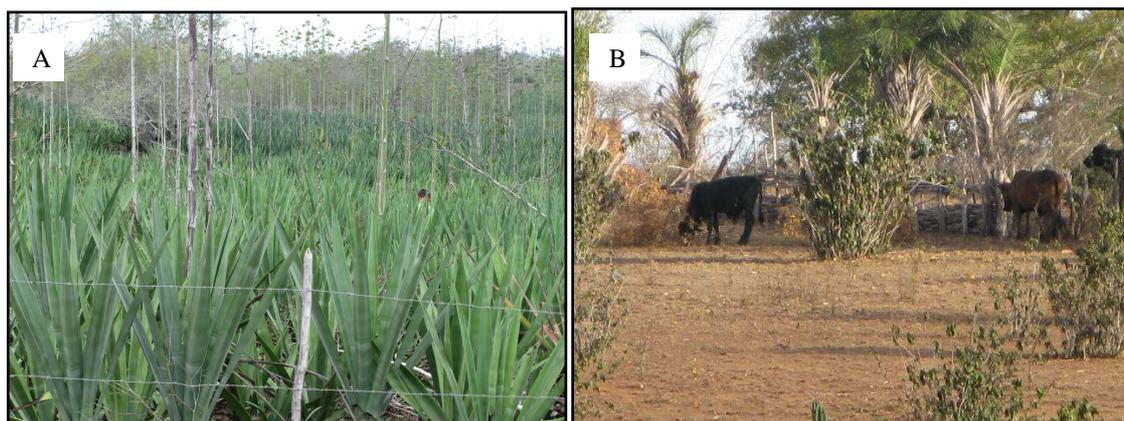


Figura 3.38 – Uso agrícola do solo: Sisal (A) e pecuária (B).

Contudo, embora deva haver sempre planejamento na recuperação de áreas degradadas, considera-se que devido ao forte desmatamento ocorrido no médio Jacuípe e ao grau de exposição dos solos, é preferível que haja algaroba (*Prosopis juliflora*) do que pastagens.

O principal resultado do processamento digital de imagens, além do auxílio para a compreensão da evolução espacial do desmatamento, demonstrando que a cobertura vegetal deveria ser fator preponderante na modelagem espacial das áreas susceptíveis à degradação ambiental no médio Jacuípe, foi o mapa de cobertura vegetal que serviu de principal indicador do fator antrópico para a degradação ambiental no médio Jacuípe, uma vez que a cobertura vegetal reflete a relação estabelecida da sociedade com a natureza na dinâmica de ocupação e organização do espaço.

O mapa de cobertura vegetal de 2008 demonstrou que embora se tenha considerado amplamente a cobertura vegetal (natural e agrícola), apenas 26% da área possui algum tipo de cobertura vegetal, enquanto 74% da área se apresenta sem cobertura vegetal.

3.4.2 – Estimativa da susceptibilidade à degradação ambiental no médio Jacuípe

A partir do uso do interpolador *fuzzy* SUM para as variáveis cobertura vegetal, áreas urbanas, solo, declividade, estradas, hidrografia e IDH, confeccionou-se o mapa de susceptibilidade à degradação ambiental no médio Jacuípe. Realizou-se o cálculo de áreas (**Figura 3.39**) a fim de quantificar a informação já espacializada no mapa (**Figura 3.40**).

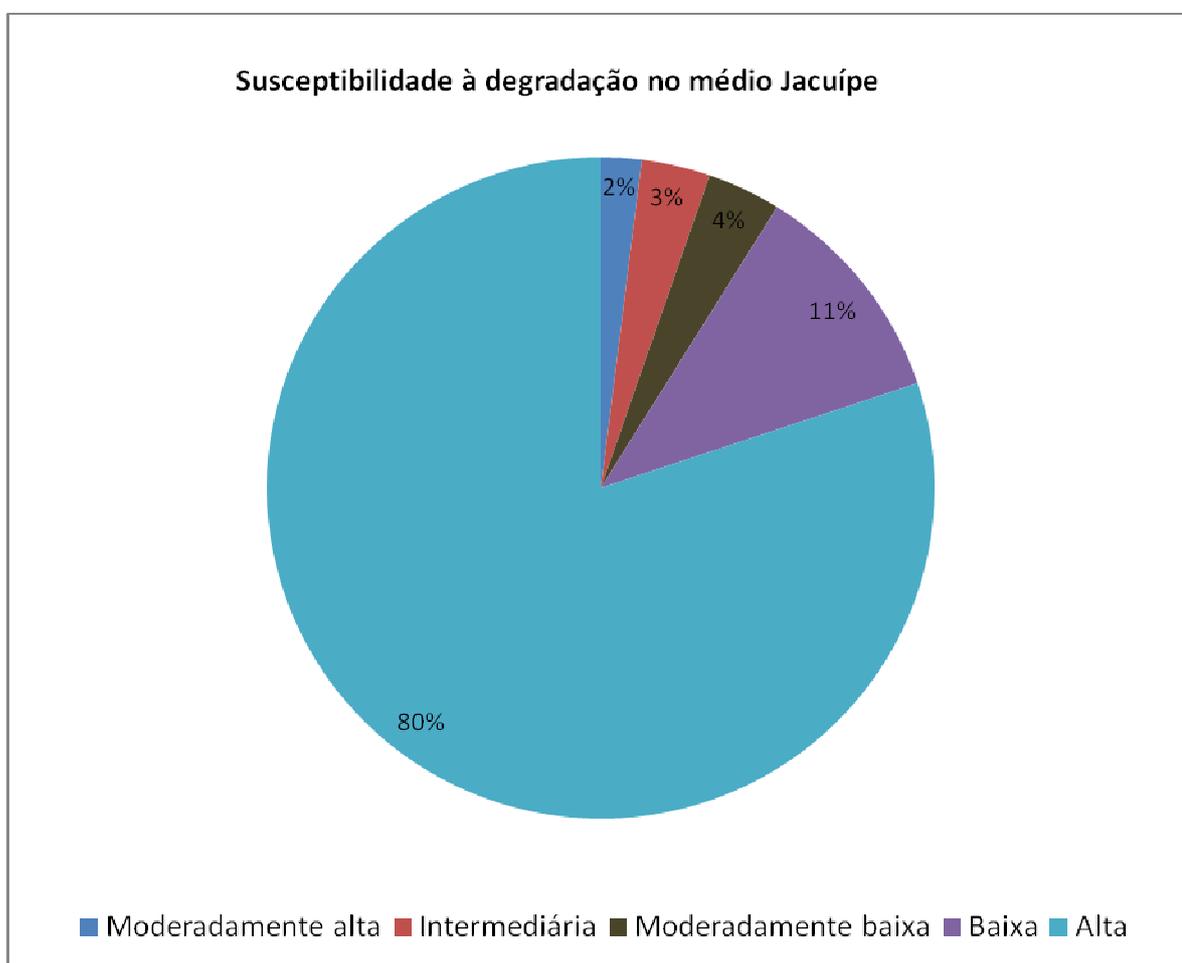


Figura 3.39 – Percentual das áreas susceptíveis à degradação ambiental

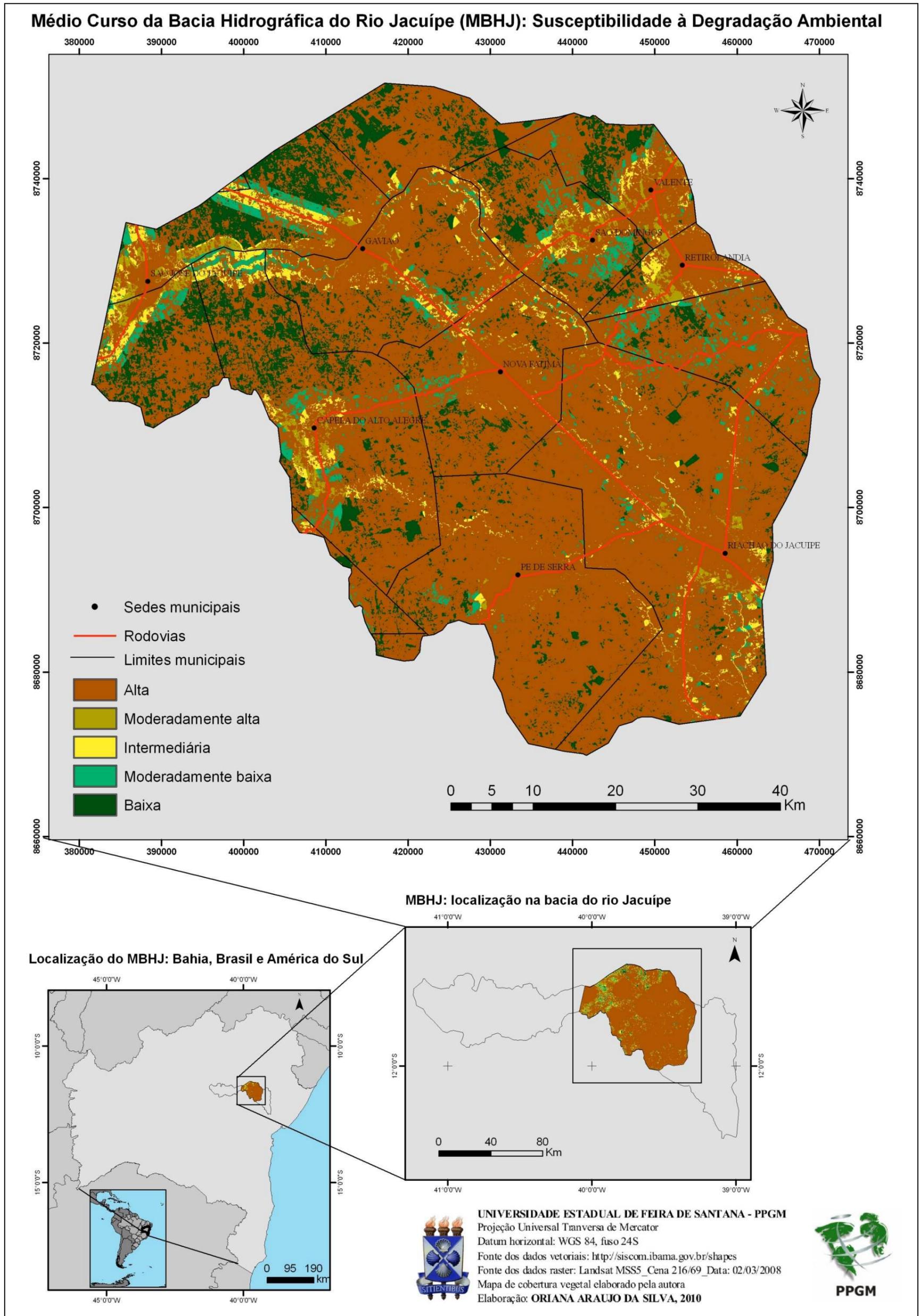


Figura 3.40 – Mapa de susceptibilidade à degradação ambiental do médio Jacuípe.

Os níveis de susceptibilidade à degradação ambiental, de modo geral, podem ser assim caracterizados:

1. **ALTA:** As áreas identificadas com alta susceptibilidade à degradação ambiental, são as que combinam diversas variáveis que potencializam seu risco à degradação. Assim, devem ser áreas prioritárias para a implantação de projetos de educação ambiental e de reflorestamento, uma vez que estão sob risco alto da ocorrência de perda de diversidade biológica, exposição dos solos, maximização da erosão laminar, remoção dos horizontes superficiais do solo; ou ainda, essas áreas podem apresentar algum tipo de cobertura vegetal, mas estar numa área potencial para a ocorrência da degradação ambiental devido, por exemplo, à combinação de fatores como proximidade de estradas, de sedes municipais e de rios.
2. **MODERADAMENTE ALTA:** Essas áreas estão sob risco elevado de sofrerem degradação ambiental sob os mesmos aspectos indicados para as áreas de alta susceptibilidade, embora combinem menos elementos potencializadores do que estas.
3. **INTERMEDIÁRIA:** As áreas de susceptibilidade intermediária à ocorrência de degradação ambiental combinam menos fatores agressores ao meio ambiente que as áreas de susceptibilidade alta e moderadamente alta, mas ocorre aí também perda significativa de cobertura vegetal e suas conseqüências.
4. **MODERADAMENTE BAIXA:** As áreas de susceptibilidade à degradação ambiental moderadamente baixa apresentam, de modo geral, um pouco mais de cobertura vegetal que as de susceptibilidade alta, moderadamente alta e intermediária, bem como tendem a encontrar-se um pouco mais distantes das áreas urbanas, dos rios e das estradas principais. São áreas com potencial para a realização de estudos botânicos com vistas à identificação de caatinga original e secundária, para o estabelecimento de unidades de conservação. Entretanto, semelhante ao que ocorre com as áreas de baixa susceptibilidade à degradação ambiental, deve-se considerar que parte da cobertura vegetal dessas áreas é de algaroba, de forma que projetos alternativos de manejo dessa espécie oportunista podem ter sucesso nessas áreas.
5. **BAIXA:** As áreas de susceptibilidade baixa à degradação ambiental são aquelas que possuem o menor número de elementos agressores ao sistema natural, conforme optou-se nesse trabalho. São áreas com grande potencialidade à ocorrência de cobertura vegetal original e indica-se que sejam realizados estudos prioritários nessas áreas para o estabelecimento de unidades de conservação. Entretanto, como se atribuiu nesse estudo forte peso à cobertura vegetal, salienta-se que parte dessas áreas estão

recobertas em verdade por algaroba e, nesse sentido, essas áreas devem ser priorizadas para a implantação de projetos de manejo da algaroba e de reflorestamento da caatinga.

A análise do mapa demonstra que, de modo geral, a área central do médio Jacuípe e principalmente os municípios de Riachão do Jacuípe, Nova Fátima, Pé de Serra e Gavião, possuem alta susceptibilidade à degradação ambiental. Os municípios de São José e Capela apresentam significativas áreas de susceptibilidade baixa e moderadamente baixa à degradação ambiental, mas a principal proteção dos solos nesse município é a algaroba, havendo de qualquer forma degradação da caatinga. Já os municípios de São Domingos e Valente apresentam forte variação de susceptibilidade, especialmente pela ocorrência de densos sisalais, enquanto no município de Retirolândia a susceptibilidade alta, moderadamente alta e intermediária predominam – embora ocorram sisalais também nesses municípios.

3.5– CONCLUSÃO

A estimativa e identificação de áreas susceptíveis à degradação ambiental no médio Jacuípe foram definidas a partir da modelagem de dados espaciais, método muito eficiente para a integração de variáveis socioambientais. Constatou-se que a modelagem de dados espaciais é eficaz para estudos ambientais com perspectiva sistêmica, a exemplo dos estudos em bacias hidrográficas, como o realizado nesse trabalho.

Para isso, organizou-se um banco de dados vetoriais e *raster*, dos quais foram gerados os indicadores principais para a susceptibilidade à degradação ambiental. As variáveis sociais são mais difíceis de modelar porque envolvem questões culturais, políticas, são muito dinâmicas e não são exatas.

As imagens multiespectrais do sensor Landsat (MSS1 e 3, TM5) permitiram analisar o processo de ocupação da área, no período de 1973 a 2008, auxiliando na definição de elementos a serem investigados como propulsores do desmatamento, a exemplo dos núcleos urbanos, rios e estradas.

Definiu-se então que o mapa de cobertura vegetal natural ou agrícola, produzido por classificação supervisionada da imagem de 2008, serviria de principal variável para a estimativa da susceptibilidade à degradação ambiental no médio Jacuípe, principalmente ao

evidenciar um forte desmatamento associado à pecuária extensiva em 74% da área, que expõe demasiadamente os solos nos longos meses secos, além de submetê-los a processos erosivos intensos na ocorrência das chuvas torrenciais, promovendo o assoreamento dos cursos hídricos.

Em consequência dessa constatação, evidenciou-se o grande comprometimento da caatinga arbórea-arbustiva – vegetação natural da área – e de todo o ecossistema associado.

Contudo, procurou-se demonstrar a relação entre as áreas desmatadas e os principais propulsores do desmatamento na área, calculando a existência de cobertura vegetal em distâncias especificadas, a fim de compará-los e categorizá-los hierarquicamente na potencialização da ocorrência da degradação ambiental.

Optou-se então, por considerar a cobertura vegetal do médio Jacuípe como principal indicador antrópico, uma vez que reflete o processo de interações do homem com a natureza ao longo do tempo sobre a cobertura da terra da área pesquisada. Assim, estimou-se a zona de influência e o impacto sobre a cobertura vegetal proveniente das cidades, das estradas e dos rios, associados a tipos de solo e graus de declive, além do IDH.

Embora os resultados dos cálculos das áreas de influência tenham sido extremamente relevantes para a definição da importância relativa e graus máximos e mínimos de pertinência ao conjunto de elementos que susceptibilizam as áreas em que ocorrem à degradação, eles foram ponderados pelo conhecimento que se tem da área, já que esta apresenta especificidades que não podem ser mensuradas apenas pelos dados.

Devido a existência de incertezas e de ambigüidades na modelagem ambiental, realizou-se a combinação das variáveis por inferência espacial fuzzy, adequada a esse tipo de pesquisa (SILVA, 2003; BOHAM-CARTER, 1998).

Nesse sentido, embora o trabalho de estimativa dos valores de pertinência de cada variável – quando baseado nos dados – seja um pouco demorado, comprovou-se e recomenda-se o uso dessa técnica em pesquisas de cunho ambiental de perspectiva sistêmica e combinação de variáveis complexas resultantes do Processamento Digital de Imagens, de modelos sociais e naturais, na produção de um modelo integrado para o sistema natural da Terra, cuja eficácia e perspectiva na abordagem da degradação ambiental é fundamental para a estimativa da susceptibilidade à degradação ambiental no médio Jacuípe.

A partir do uso do interpolador *fuzzy* SUM para as variáveis cobertura vegetal, áreas urbanas, solo, declividade, estradas, hidrografia e IDH, obteve-se um mapa demonstrando a probabilidade de maior susceptibilidade à degradação ambiental e de menor susceptibilidade à degradação ambiental no médio Jacuípe.

Na busca de uma síntese da relação entre as principais atividades realizadas no médio Jacuípe e a degradação ambiental – notadamente exposição dos solos, aumento da erosão laminar e da perda de nutrientes e remoção do já incipiente horizonte A ou O do solo, além da perda de habitats e da conseqüente redução da população de diversas espécies, devido ao desequilíbrio da cadeia trófica, podendo resultar até mesmo na extinção de espécies - elaborou-se os modelos representacionais da relação entre a cobertura vegetal e a hidrografia, as estradas, sedes municipais, associadas a solo, declividade e IDH, considerando-se a susceptibilidade à degradação ambiental em 5 níveis: alta, moderadamente alta, intermediária, moderadamente baixa e baixa.

Demonstrou-se nesse trabalho que o médio Jacuípe encontra-se seriamente comprometido em termos susceptibilidade à degradação ambiental, especialmente a área central e os municípios de Riachão do Jacuípe, Pé de Serra, Nova Fátima e Gavião, que estão mais diretamente associados às pastagens extensivas, muito desnudas, de modo que na manutenção do quadro identificado, as áreas de alta susceptibilidade à degradação ambiental nesses municípios podem vir a tornarem-se inférteis, conduzindo à desertificação.

Já nos municípios de São José e Capela, o que preocupa é o avanço da cobertura vegetal devido à expansão de algarobas, que embora possa evitar o aumento da degradação dos solos, correspondem a cultivos que não podem de forma alguma serem comparados com a diversidade da caatinga.

Nos municípios onde a cobertura vegetal predominante é o sisal, as áreas de maior susceptibilidade à degradação ambiental encontram-se próximas às sedes municipais, mas há também áreas sob alto risco, principalmente as que se relacionam à pecuária extensiva.

CAPÍTULO 4

CONSIDERAÇÕES FINAIS

“O homem, cada homem, é afinal definido pela soma dos possíveis que lhe cabem, mas também pela soma dos impossíveis” (SANTOS, 2002, p. 129)



4.1 - CONCLUSÕES

Essa pesquisa estudou o médio curso da Bacia Hidrográfica do Rio Jacuípe (BHJ) para estimar a susceptibilidade à degradação ambiental, a partir da integração de variáveis socioambientais. Devido à complexidade dos sistemas socioambientais e à magnitude da área de pesquisa, realizou-se a modelagem de dados espaciais primários e secundários, combinados pela técnica de inferência espacial *fuzzy*.

Uma das contribuições dessa dissertação diz respeito ao estabelecimento de critérios para a divisão da bacia hidrográfica do rio Jacuípe – em alto, médio e baixo curso, mediante a perspectiva sistêmica. Além disso, há uma base cartográfica com diversos mapas temáticos, que ajudam a caracterizar a área e podem ser úteis para a educação ambiental, inclusive em escolas da educação básica.

Espera-se que os resultados desse trabalho possam auxiliar a gestão e o planejamento ambiental na BHJ, uma vez que o estudo de Santana (2007) para o Ministério do Meio Ambiente sobre áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade demonstrou que a área correspondente ao médio Jacuípe é considerada como insuficientemente conhecida.

O médio curso corresponde a 38% da área total da BHJ e constitui-se numa área *core* do semi-árido brasileiro e do domínio morfoclimático da caatinga, segundo os pressupostos de Ab'Sáber (2003).

O processo de ocupação da área, que no século XVII era chamada de Sertão dos Tocós – devido à suposta existência de um grupo indígena denominado Tocós ou do nome de um rio próximo à Riachão do Jacuípe (Rios, 2003), é bastante antigo e seu primeiro registro histórico foi uma declaração das terras de Guedes de Brito em 1676, registrada na Revista do Instituto Geográfico e Histórico da Bahia (1916) apud Rios (2003, p.20-21): “[...] entre os rios Jacuípe e Itapicuru, por eles acima, por serem os ditos Tocós muito faltos de água, haverem muitos matos, caatingas infrutíferas (...)”

Nota-se que o registro que trata da posse de terras no século XVII destaca a falta de água e a ocorrência de ‘**matos, caatingas infrutíferas**’. Depreende-se daí a formação de uma ideologia de que as fazendas, voltadas para a pecuária extensiva, deveriam ser limpas dos ‘matos’, da caatinga que para nada servia. Reflexo desse processo histórico, o principal uso agrícola atual é a pecuária - que ocupa grandes áreas e tem sido ao longo dos anos a atividade que mais contribuiu para a redução da caatinga a pequenos fragmentos -, além da monocultura sisaleira, - que demanda grandes áreas e por isso também é responsável pelos desmatamentos e conseqüente perda de habitats.

O próprio nome do rio Jacuípe - *Jacuihy*, *jacu-y*: ‘rio dos Jacus’ ou *Yacui* ‘rio enxuto’ ou ‘rio temporário’ (IBGE, 2010) - demonstra a intensidade das perdas populacionais de indivíduos, uma vez que o jacu, ave que nomeou o rio, atualmente é difícil de ser encontrada no médio Jacuípe.

Uma questão que deve-se considerar como preponderante para a degradação ambiental no médio Jacuípe é a dimensão política e a gestação de imagens e discursos difundido pela elite nordestina sobre o semi-árido e a caatinga, com o apoio da sociedade local - até mesmo de artistas -, que ao cantarem, pintarem ou escreverem sobre o sertão preferiram destacar a rudeza e a miséria do sertanejo e o aspecto xeromórfico da caatinga, ajudaram a sensibilizar o poder público federal a “olhar pelo flagelados”.

Assim, contribuíram para mascarar os problemas verdadeiros do semi-árido, que são a concentração fundiária, a superexploração da mão-de-obra, a indústria da seca e a manutenção das oligarquias tradicionais no poder político, dos quais resultam e se mantém – num círculo vicioso – a baixa escolaridade, o baixo IDH, a mendicância ao Estado, a pobreza (CASTRO, 1992; ALBUQUERQUE JR, 2001; AB’SÁBER, 1974). Constata-se que tais imagens foram tão bem construídas que pouco ou nada se fez para conservar a caatinga em sua área core.

A outra grande vertente da degradação ambiental no médio Jacuípe diz respeito ao uso que se faz dos corpos hídricos em áreas de cidades, distritos e povoados ribeirinhos. Parece haver a concepção de que o rio é um grande ‘cano’ para conduzir dejetos ao mar. A despreocupação com o lixo e o uso do rio como depósito de resíduos sólidos e líquidos causa poluição das águas, a diminuição do oxigênio diluído e afeta peixes e plantas e até mesmo a saúde humana, visto que o rio é utilizado para o lazer pela população ribeirinha e do entorno.

Além disso, a retirada de argilas e areias provoca mudanças no canal, devido ao aumento da erosão diferencial das margens, assoreamento do leito e conseqüente aumento da evaporação das águas – que estão a cada dia mais rasas.

Destaca-se ainda que o rio Jacuípe, enquanto rio principal da bacia homônima é um rio intermitente, uma vez que seca ao longo do ano, embora divulgue-se a idéia errônea de que o Jacuípe é um rio perene devido à construção de barragens. Diversas figuras ao longo desse trabalho mostraram o leito seco do Jacuípe e com pouca água próximo a reservatórios.

Foram elaboradas cartas imagens, a partir de Processamento Digital de Imagens (PDI), para identificar a evolução do desmatamento no médio Jacuípe e encontrar elementos propulsores da degradação ambiental, a fim de mensurar a sua importância relativa, associada a características naturais, como solo e declividade.

Elaborou-se um mapa de cobertura vegetal do ano de 2008, propositadamente escolhido por ser um ano seco, uma vez que o déficit hídrico deixa a degradação ambiental mais visível. Entretanto, não é a seca o fator responsável por esse processo, mas sim a ação humana, voltada para o atendimento de suas necessidades ou à lógica capitalista dominante.

Constatou-se que mesmo considerando como cobertura vegetal a vegetação natural (caatinga), secundária, os cultivos agrícolas (sisal e palma) e as áreas de ocorrência de algaroba (*Prosopis juliflora*), apenas 26% da área do médio Jacuípe possui algum tipo de cobertura vegetal, enquanto 74% da área está desmatada, devido à instalação de pastagens, que encontram-se de modo geral muito degradadas, expondo quase completamente o solo no período seco.

Por essa razão, a presença ou ausência da cobertura vegetal foi utilizada como principal indicador antrópico, uma vez que reflete o processo de interações do homem com a natureza ao longo do tempo sobre a cobertura da terra.

Assim, estimou-se a zona de influência das cidades, das estradas e dos rios sobre a cobertura vegetal, a partir do recorte e cálculo das áreas de cobertura em distâncias específicas para cada variável, com o objetivo de atribuir-lhes graus diferenciados de pertinência ao conjunto dos indicadores de maior susceptibilidade à degradação ambiental, baseado nos dados e não apenas no conhecimento que se tem da área.

Devido a existência de incertezas e de ambigüidades que são características das abordagens ambientais, realizou-se a combinação das variáveis por inferência espacial fuzzy, adequada a esse tipo de pesquisa (SILVA, 2003; BOHAM-CARTER, 1998).

A susceptibilidade à degradação ambiental no médio Jacuípe foi estimada em 5 níveis: alta (80%), moderadamente alta (2%), intermediária (3%), moderadamente baixa (4%) e baixa (11%).

Dessa forma, além de demonstrar a possibilidade de ocorrência de degradação ambiental na maior parte do médio Jacuípe, especialmente na área central e nos municípios de Riachão do Jacuípe, Pé de Serra, Nova Fátima e Gavião, que estão mais diretamente associados às pastagens extensivas, muito desnudas – evidenciou que essas áreas são as que mais necessitam de ações imediatas de gestão e educação ambiental, evitando que a possibilidade de degradação ambiental diagnosticada ocorra e conduza a processos de desertificação no futuro.

As áreas indicadas como de baixa susceptibilidade à degradação ambiental são áreas potenciais para a identificação de caatinga e possibilidade de implantação de Unidades de Conservação, bem como para o monitoramento da algaroba e de sisalais, que também

ocorrem nessas áreas. Ou seja, nessas áreas é necessário ampliar a escala do mapeamento, para elaborar mapas de cobertura mais detalhados. Bons exemplos dessa situação foram encontrados nos municípios de São José e Capela, nos quais o que preocupa é o avanço da cobertura vegetal devido à expansão de algarobas, decorrente do desequilíbrio do sistema natural e da preferência dos fazendeiros. A algaroba é uma espécie oportunista que tem ocupado diversas áreas do médio Jacuípe e tem sido bem tolerada pela população por servir de fonte de alimentação para os rebanhos e até mesmo de fonte de renda a partir da venda da vagem. Nesse sentido, o que preocupa é a possibilidade da algaroba vir a se tornar uma invasora difícil de controlar e avance sobre a caatinga já tão incipiente no médio Jacuípe.

Entretanto, enquanto pouco se faz seriamente a respeito da necessidade de manutenção, recuperação e reflorestamento das matas ciliares naturais no médio Jacuípe e da caatinga em toda a área, deve-se considerar que é preferível que se tenha algaroba em lugar de solo exposto, como se observou no setor Oeste-Noroeste do médio Jacuípe, que aponta um ganho de biomassa de 1997 a 2008, devido à algaroba.

Nos municípios onde a cobertura vegetal predominante é o sisal, as áreas de maior susceptibilidade à degradação ambiental encontram-se próximas às sedes municipais, mas há também áreas sob alta susceptibilidade, principalmente as que se relacionam à pecuária extensiva. Assim, embora as cidades sejam de pequeno e médio porte no médio Jacuípe, ficou evidente a sua influência na degradação ambiental, especialmente até 3km.

Além disso, conforme ficou evidenciado, a degradação ambiental no médio Jacuípe decorre das ações humanas, das concepções de natureza e das práticas agrícolas predatórias que predominam nessas áreas, associadas a certa inércia da sociedade e do poder público no que tange ao planejamento e gestão ambiental. Nesse sentido, os resultados dessa dissertação podem ser úteis à educação ambiental com vistas à mitigação da degradação ambiental.

4.2 - RECOMENDAÇÕES

A severidade da degradação ambiental no médio Jacuípe, conforme foi demonstrado, atinge boa parte da área, que encontra-se sob alta susceptibilidade à degradação ambiental. Portanto, considera-se mais do que necessário o estabelecimento de estudos mais específicos em diversos trechos do médio Jacuípe, com vistas ao levantamento do potencial ecológico das áreas, a exemplo das áreas identificadas como de baixa susceptibilidade à degradação ambiental, para fins de estabelecimento de algum tipo de Unidade de Conservação, para que de fato, as gerações futuras possam vir a conhecer a caatinga original ou sucessional.

A definição de Unidades de Conservação e estabelecimento de corredores ecológicos são necessários no médio Jacuípe, devido aos benefícios sensíveis ao meio ambiente, à preservação da caatinga, espécies animais, ao solo e à bacia hidrográfica, o que resultará em maior qualidade ambiental e, conseqüentemente, de vida.

Entretanto, deve-se ter sérios cuidados nessa proposição, uma vez que o espaço é ocupado por pessoas, que têm suas atividades, suas identidades territoriais e não se pode, mesmo em nome da defesa ambiental, deixar de ouvi-las, de buscar sua inclusão real no processo, afinal, como diz Andrade (1994, p.91): “Não se pode perder a oportunidade de utilizar os recursos naturais de que se dispõe, mas não se justifica que para utilizá-los se mate a natureza e se degrade o homem” .

Faz-se necessário ainda que a Legislação ambiental vigente seja aplicada nessa área, a fim de manter de fato as matas ciliares que constituem-se em áreas de preservação permanente, mas sequer os fazendeiros e a população ribeirinha dos cursos d’água dessa bacia sabem e/ou respeitam o limite de 20m de mata ciliar a ser mantido, tratando-se também da necessidade de um projeto de educação ambiental, para que as pessoas saibam da sua responsabilidade para a manutenção da qualidade ambiental, evitando que a preservação só exista se houver punição, a exemplo de multas.

Cabe ainda considerar que a maioria das propriedades não reserva os 20% de suas áreas, também indicados pela legislação ambiental. É preciso que, urgentemente, essas leis cheguem nessas terras, que do ponto de vista ambiental, continuam terras sem lei... e, afinal, conforme diz o poeta Vital Farias, “[...] O que se corta em segundos gasta tempo prá vingar/ e o fruto que dá no cacho prá gente se alimentar?/ depois tem o passarinho, tem o ninho, tem o ar [...]”¹¹.

Uma interessante estratégia de recuperação da qualidade ambiental e da caatinga vem sendo realizada em Uauá-BA e pode ser implantada em diversos municípios do médio Jacuípe; trata-se do ‘fundo de pasto’ – uma área da propriedade que é cercada e replantada com mudas nativas da caatinga, geralmente aquelas que podem beneficiar diretamente as famílias e suas atividades agrícolas, mas também as que estão em risco de extinção, com vistas à recuperação do patrimônio ecológico das fazendas.

¹¹ Disponível em:

http://letras.azmusica.com.br/V/letras_vital_farias_45658/letras_otras_31106/letra_saga_da_amazonia_936590.html

É preciso conscientizar os proprietários de terra no médio Jacuípe para a preservação das matas ciliares e para a manutenção da diversidade endêmica da caatinga. Aconselha-se ainda que se organize um centro de produção de mudas para a recuperação das matas ciliares do médio Jacuípe e a instalação de projetos pilotos de reflorestamento, para os quais indica-se que as áreas sejam cercadas, porque considerando-se a intermitência dos fluxos d'água e a forte possibilidade de que bovinos, ovinos e caprinos pastem livremente, os projetos que visem o reflorestamento no médio Jacuípe devem ser antecedidos do cercamento das áreas e do aproveitamento do curto período - entre fevereiro a maio - em que o balanço hídrico é positivo (CAMPOS, 1996), para a realização do plantio de mudas, preferencialmente após as chuvas de fevereiro, ou em anos de sua ausência, em março (considerar que não é à toa que o sertanejo escolhe 19 de março – o dia de São José para plantar as culturas temporárias).

Na década de 70, Pinto (1974) alertava para o fato de que as caatingas ocupavam 600.000km² do nordeste brasileiro e, que o processo de ocupação descuidada ampliou seu limite para cerca de 800.000km², devido à descaracterização de outros biomas.

Alerta-se hoje, já no século XXI, que a caatinga, em suas áreas iniciais – a exemplo do médio Jacuípe, no semi-árido baiano - estão sendo descaracterizadas e reduzidas a pequenos fragmentos, quase inexpressivos e muito alterados.

Acredita-se que ações bem planejadas de reflorestamento, educação ambiental e definição de Unidades de Conservação são urgentes. Sabe-se que esse processos só apresentam resultado a médio e longo prazos, mas são a possibilidade de refrear o processo de degradação ambiental diagnosticado.

Sugere-se que seja empreendido um projeto de reflorestamento e educação ambiental, coordenado por um núcleo central que deveria reunir 'delegados' de diversas instituições públicas e privadas, com vistas à definição de projetos de revitalização de áreas de lazer às margens do rio Jacuípe, bem como para o desenvolvimento de oficinas e seminários municipais, a partir dos quais dever-se-ia selecionar profissionais a serem qualificados e pagos pelas Secretarias Estaduais, que seriam responsáveis em promover a melhoria da qualidade ambiental no seu município.

É preciso destinar recursos para que cada município sedie um viveiro de mudas, com profissional qualificado. Além disso, em cada município deve ser implantada, no mínimo, uma Unidade de Conservação. Recomenda-se ainda que, como projeto piloto, estabeleça-se, de comum acordo com o proprietário (e sem custos para ele), áreas para reflorestamento de mata ciliar e de propriedades rurais – a serem cercadas e mantidas fechadas por no mínimo 5 anos.

Não podemos alterar o passado, mas somos responsáveis pelo presente e, portanto pelo futuro. Demonstrou-se nesse trabalho que o médio Jacuípe encontra-se seriamente comprometido em termos de qualidade ambiental, com cerca de 80% de sua área considerada de alta susceptibilidade à degradação ambiental. Não se sabe o quanto se perdeu em termos de habitats e de espécies.

Quanto à população do médio Jacuípe, de modo geral, mas já há exceções, é necessário modificar o modo de relacionar-se com a terra, de forma menos predatória, menos lapidadora dos recursos naturais disponíveis.

Essa pesquisa deve embasar a sociedade para a discussão em escolas, associações, prefeituras, sindicatos, dentre outros, a respeito do estado atual da degradação ambiental que resulta da ação de agentes os mais variados, no passado e no presente, tornando nítida a idéia de que as ações atuais farão diferenças sensíveis no futuro.

Assim, não seria possível terminar essa dissertação sem destacar a crença na possibilidade humana de repensar e refazer suas ações de forma mais sustentável, a fim de que, quem sabe, num dia não tão longínquo, os jacus voltem a ser populosos no rio dos jacus – Jacuípe.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A.N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- AB'SÁBER, A.N. (a) **Problemática da desertificação e da savanização no Brasil intertropical**. Geomorfologia, vol. 53, 1-19. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1977.
- AB'SÁBER, Aziz Nacib (b). **Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários**. Paleoclimas, São Paulo, IG-USP, nº 3, 1977.
- AGUIAR, A.P.D.de. Modelagem de mudanças de uso e cobertura do solo na Amazônia: Questões Gerais. In: Câmara, Gilberto e Monteiro, Antônio Miguel Vieira (Orgs.). **Introdução à Modelagem Dinâmica Espacial**. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (2003). Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/cursos/tutoriais/modelagem/cap4_modelos_lucc.pdf. Acesso em 30/07/2008.
- ALMEIDA, M.J.C.P.de. Meio ambiente e o mundo rural. In: LEITE, J. L. (Org.). **Problemas-Chave do Meio Ambiente**. Salvador: Inst. De Geociências da UFBA, 1994.
- AMBRÓSIO, Luís Alberto; FASIABEN, Maria do Carmo Ramos; MORAES, Jener Fernando Leite de. **Dinâmica dos usos e coberturas da terra em Área de Preservação Permanente na Bacia Hidrográfica dos Rios Mogi Guaçu e Pardo, no período entre 1988 e 2002**. XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Rio Branco, 2008.
- ANDRADE, J. B.; OLIVEIRA, T. S. Análise espaço-temporal do uso da terra em parte do semi-árido cearense. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa , v. 28, n. 2, Apr. 2004 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832004000200018&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 25 Mar. 2009. doi: 10.1590/S0100-06832004000200018.
- ARAUJO, G.H. de S.; ALMEIDA, J. R. de.; GUERRA, A.J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. 3ªed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.
- BAUTISTA, Hortensia Pousada. Espécies arbóreas da caatinga: sua importância econômica. **Simpósio sobre caatinga e sua exploração racional (anais)**. Feira de Santana: UEFS, 1984.
- BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico**. Trad. Olga Cruz.

- R. RAÍGA, Curitiba: Editora UFPR, n.8, p.141-152, 2004.
- BIGARELLA, J.J. (Org.). **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Ed. UFSC, 1994.
- BONHAM-CARTER, G.F. **Geographic information systems for geoscientists: modelling with GIS**. Canadá: Pergamon, 1998.
- BORGES, Karla A. V; DAVIS Jr., Clodoveu A; LAENDER, Alberto H. F. Modelagem conceitual de dados geográficos. In: CASANOVA, Marco; CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; VINHAS, Lúbia; QUEIROZ, Gilberto Ribeiro de. **Bancos de Dados Geográficos**. Mundo Geo: Curitiba, 2005. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/livros/bdados/cap3.pdf>. Acesso em 30/07/2008.
- BUENO, Justine; COSTA, Alfredo; FELIPPE, Miguel Fernandes. **Influência das sedes municipais e rodovias no desmatamento da Bacia do Mucuri (MG) a partir de imagens Cbers 2**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 2629-2636.
- BRIASSOULIS, Helen. **Analysis of land use change: theoretical and modeling approaches**. The Web Book of Regional Science, Regional Research Institute, West Virginia University <http://www.rri.wvu.edu/WebBook/>. Acesso em 15/09/2008. (Livro on line), 2003.
- CÂMARA (a), Gilberto; BARBOSA, Cláudio; CORDEIRO, João Pedro; LOPES, Eymar; FREITAS, Ubirajara Moura de; LUCENA, Ivan. Álgebra de mapas. In: CÂMARA, Gilberto e DAVIS, Clodoveu e MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Introdução à ciência da geoinformação**. Livro on line. Disponível em: www.dpi.inpe.br/livro/intro/index.html . Acesso em 04/07/2004.
- CÂMARA (b), Gilberto; BARBOSA, Cláudio; CORDEIRO, João Pedro; LOPES, Eymar; FREITAS, Ubirajara Moura de; LUCENA, Ivan. Operações de análise geográfica. In: CÂMARA, Gilberto e DAVIS, Clodoveu e MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Introdução à ciência da geoinformação**. Livro on line. Disponível em: www.dpi.inpe.br/livro/intro/index.html . Acesso em 04/07/2004.
- CÂMARA (c), Gilberto; MOREIRA, Fábio Roque; BARBOSA, Cláudio; ALMEIDA FILHO, Raimundo; BONISCH, Simone. Técnicas de inferência geográfica. In: CÂMARA, Gilberto e DAVIS, Clodoveu e MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Introdução à ciência da geoinformação**. Livro on line. Disponível em: www.dpi.inpe.br/livro/intro/index.html . Acesso em 04/07/2004.

- CÂMARA, Giberto. **Modelagem de dados em geoprocessamento**. São Paulo, 1995. (Cap. da tese de doutorado). Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/dpi/teses/gilberto/cap4.pdf>. Acesso em 12/09/2008.
- CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.M.V. Conceitos básicos em ciência da Geoinformação. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M. V. (Orgs.). **Introdução à ciência da geoinformação**. Livro on-line, disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>. Acesso em 04/07/2004a.
- CAMPOS, J. N. B. Vulnerabilidades hidrológicas do semi-árido às secas. **Planejamento e políticas públicas**. Nº 16, dez de 1996
- CAMPOS, Sérgio, ARAÚJO JÚNIOR, Armindo A., BARROS, Zacarias X., CARDOSO, Lincoln G., PIROLI, Edson L. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao uso da terra em micro bacias hidrográficas, Botucatu – SP. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.431-435, maio/ago. 2004. Disponível em: [«http://www.scielo.br/pdf/eagri/v24n2/v24n2a23.pdf»](http://www.scielo.br/pdf/eagri/v24n2/v24n2a23.pdf). Acesso em 22/05/2006
- CANDIDO, H.G.; BARBOSA, M.P.; SILVA, M. J. da. Avaliação da degradação ambiental de parte do Seridó Paraibano. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 6, n. 2, 2002. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662002000200031&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 25 mar. 2009. doi: 10.1590/S1415-43662002000200031.
- CÂNDIDO, M.J.D.; ARAÚJO, G.G.L.de; CAVALCANTE, M.A.B.. **Pastagens no ecossistema semi-árido brasileiro: atualização e perspectivas futuras**. Disponível em: <http://www.neef.ufc.br/pal05.pdf>. Acesso em: 15/03/2009.
- CAR (COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO E AÇÃO REGIONAL). **Recursos florestais na Bahia: ênfase no Semi-Árido**. Salvador, 1995.
- CASSETI, V. **Elementos de geomorfologia**. Goiânia: Ed. UFG, 1994
- CASTELLETTI, Carlos Henrique Madeiros, MELO, André Maurício, SANTOS, Marcelo Tabarelli, SILVA, José Maria Cardoso. Quanto ainda resta da caatinga? Uma estimativa preliminar. In: LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. da. **Ecologia e conservação da caatinga**. 2ª ed. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005.
- CASTRO, I.E.de. **O mito da necessidade**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1992.
- CARVALHO, Cláudia C. Nolasco; FRANCA-ROCHA, Washington e UCHA, José M. Mapa digital de solos: Uma proposta metodológica usando inferência fuzzy. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.13, n.1, p.46–55, 2009.

- CHORLEY, R.J.; HAGGETT, P. (Orgs). **Modelos físicos e de informação em geografia**. Traduzido por MEDEIROS, Arnaldo Viriato. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos/ São Paulo: Ed. da USP, 1975. (1975).
- CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em geografia**. São Paulo: HUCITEC, 1979.
- CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo. Editora Edgard Blucher, 1999.
- COSTA, Daniella Tancredo de Matos Alves; ARGENTO, Mauro Sérgio Fernandes; REIS, Cláudio Henrique Reis. Caracterização do uso da terra da Bacia de Sepetiba com vistas a subsidiar projetos de gestão ambiental em âmbito municipal. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**, 12., 005, Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 2129-2136. CD-ROM, ISBN 85-17-00018-8.
- COUTO FILHO, V.de A.; SCHMITZ, A. P. Ocupação da mão-de-obra rural na Bahia: Novas configurações. In: BAHIA. Secretaria da Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária. **Bahia: cenários de uma agricultura**. Salvador: SPA/SEAGRI, 2001.
- CRÓSTA, Alvaro P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas/São Paulo: IG/UNICAMP, 1992.
- CUNHA, S.B.. **Canais fluviais e a questão ambiental**. In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B.. **A questão ambiental: diferentes abordagens (Orgs.)**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.
- DIAS, L.C. Redes: emergência e organização. In: CASTRO, GOMES e CORRÊA. **Geografia: conceitos e temas**. 3ªed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.
- DERBA (Departamento de Infraestrutura de Transportes da Bahia). Faixa de domínio. Disponível em: <http://www.derba.ba.gov.br:8080/portalfxd/>. Acesso em: 13/04/2010.
- DONZELI, Pedro L.; VALERIANO, Márcio de M.; LOMBARDI NETO, Francisco; NOGUEIRA, Francisco P.; PINTO, Sérgio dos Anjos F.; VALÉRIO FILHO, Mário; STEIN, Dirceu P. Diagnóstico de Erosão e Plano de Manejo de Bacias Hidrográficas utilizando Geoprocessamento e Modelos de Previsão: Evolução da Metodologia. In: **Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Salvador, Brasil, 14-19 abril 1996, INPE, p. 145-14. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.03.09.47/doc/T194.pdf> >. Acesso em 22/05/2006.
- DRUMOND, M.A. (coordenador); KIILL L.H.P.; LIMA, P. C.F.; OLIVEIRA, M. C. de; OLIVEIRA, V.R.de; ALBUQUERQUE, S.G.de; NASCIMENTO, C.E.de S.;

- CAVALCANTI, J.. **Estratégias para o Uso Sustentável da Biodiversidade da Caatinga.** Petrolina, 2000. Disponível em :http://www.biodiversitas.org.br/caatinga/relatorios/uso_sustentavel.pdf. Acesso em: 15/03/2009
- DRURY, S.A. **A Guide to Remote Sensing: Interpreting Images of the Earth.** Oxford University Press: Oxford, 1990.
- DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.
- EGLER, Claudio A. G. **Mudanças Recentes no Uso e na Cobertura da Terra no Brasil.** Seminário: “Dimensões Humanas de Mudanças Ambientais Globais: perspectivas brasileiras”, Campinas, UNICAMP, junho de 2001. Disponível em: http://www.laget.igeo.ufrj.br/egler/pdf/Uso_Completo.pdf.
- FELGUEIRAS, Carlos Alberto. Modelagem Numérica de Terreno. In: CÂMARA, Gilberto e DAVIS, Clodoveu e MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Introdução à ciência da geoinformação.** Livro on line. Disponível em: www.dpi.inpe.br/livro/intro/index.html . Acesso em 04/07/2004.
- FERREIRA, Aurelio Buarque de Holanda. **Miniaurelio Século XXI: O minidicionário da língua portuguesa.** 5ª Ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2001.
- FREITAS FILHO, Manuel Rodrigues de. e SOUZA, Marcos José Nogueira de. Análise geoambiental com aplicação de geotecnologias nas nascentes do riacho dos Macacos: bacia do rio Acaraú-CE. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**, 12., 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 2161-2168.. CD-ROM, ISBN 85-17-00018-8.
- GALVÃO, Wougran Soares e MENESES, Paulo Roberto. Uso de SIG e do classificador ISODATA na geração do mapa de regiões geoambientais homogêneas na bacia do rio São Francisco, como um produto estratégico de apoio às ações de planejamento de redes fluviométricas. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**, 12., 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 2177-2184. CD-ROM, ISBN 85-17-00018-8
- GONÇALVES, C.W.P. **Os (des)caminhos do meio ambiente.** 2ªed. São Paulo: contexto, 1990.
- GONÇALVES, Carlos Walter Porto. **Possibilidades e Limites da Ciência e da Técnica Diante da Questão Ambiental.** Revista Geosul. Editora da UFSC. N°5 – ano III – 1º semestre, 1998.

- GRANERO, J. C. ; POLIDORI, Maurício Couto . **Simulador da Dinâmica Espacial com Representação em um Ambiente SIG**. In: IV Simpósio Brasileiro de Geoinformática, 2002, Caxambú, 2002.
- GREGORY, K.J. **A natureza da geografia física**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1992.
- GUERRA, A.J. T. e BOTELHO, R.G.M.. **Erosão dos solos**. In: CUNHA, S.B. e GUERRA, A.J.T. (Orgs.). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.
- HARRIS, J.R; VILJOEN, D.W; RENCZ, A.N. Integration and Visualization of Geoscience Data. In: RENCZ, Andrew N (Org.). **Remote sensing for the Earth Sciences**. John Wiley & Sons, Inc: New York, 1999.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Introdução ao Processamento Digital de Imagens**. Rio de Janeiro: IBGE, 2001
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Dados do Censo Agropecuário**. Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br>, acesso em 2008.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Manual Técnico de Uso da Terra**. 2ª edição. Rio de Janeiro, 2006.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Manual Técnico de Pedologia**. 2ª edição. Rio de Janeiro: IBGE, 2005.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Buffer**. Disponível em: http://mapas.ibge.gov.br/website/tutorial_novo/buffer.html. Acesso em abril de 2010.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Riachão do Jacuípe**. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/dtbs/bahia/riachaodojacupe.pdf>. Acesso em abril de 2010
- INSTITUTO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (INGÁ). **Bacias hidrográficas**. Disponível em: http://www.inga.ba.gov.br/modules/pico/index.php?content_id=40. Acesso em: 14 de abril de 2010.
- JENSEN, John; CAMPBELL, James; DOZIER, Jeff; ESTES, Jack; HODGSON, Michael; LO, C.P; LULLA, Kamlesh; MERCHANT, James; SMITH, Ray; STOW, Doug; STRAHLER, Alan; WELCH, Roy. Remote Sensing. In: GAILE, Gary L.; **Geography in America**. Ohio: Merril publishing company, 1989.
- JENSEN, John R. **Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective**. 3.

- ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2005.
- JENSEN, John R. **Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective**. 2ª ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2007.
- KOHAGURA, Tiago. **Lógica fuzzy e suas aplicações**. Londrina: UEL, 2007. Disponível em <
<http://www2.dc.uel.br/nourau/document/?view=601>>.
- LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- LEFF, E. (Org.). **A complexidade ambiental**. Trad. Eliete Wolf. São Paulo: Cortez, 2003.
- LIBOS, Michely; ROTUNNO FILHO, Otto Corrêa e ZEILHOFER, Peter. **Sensoriamento remoto (SR) e sistema de informações geográficas (SIG) para modelagem de qualidade da água. Estudo de caso: bacia do rio Cuiabá**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12. 2005, Goiânia. Anais. São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 2219-2227. CD-ROM, ISBN 85-17-00018-8.
- LILLESAND, Thomas M; KIEFER, Ralph W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. 6. ed. New York: John Wiley, 2008.
- LIMA, J.R de; MARIOTONI, C. A. **Energia, sociedade e ambiente semi-árido: estudo da bacia hidrográfica do açude Sumé – Pb – Brasil**. 2003. Disponível em:
<http://www.sobrade.com.br/eventos/2003/seminario/Trabalhos/015.pdf>. Acesso em 15/03/2009.
- LIMA, Paulo César Fernandes. **Áreas degradadas: métodos de recuperação no semi-árido brasileiro. XXVII Reunião Nordestina de Botânica**. Petrolina, 22 a 25 de março de 2004. Disponível em:
http://www.cpatas.embrapa.br/public_eletronica/downloads/OPB406.pdf. Acesso em 06/04/2009.
- LIU, Willian Tsé. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: Ed. UNIDERP, 2006.
- LUCHIARI, A.; KAWAKUBO, F.S.; MORATO, R.G. Aplicações e laboratório em geografia e análise ambiental. In: VENTURI, L. A. B. **Praticando a Geografia: técnicas de campo**. São Paulo: Oficina de textos, 2005.
- MALDONADO, Francisco Darío. **Desenvolvimento e avaliação de uma metodologia de detecção de mudanças na cobertura vegetal do semi-árido**. São José dos Campos: INPE, 2004.
- MARTINS, Nara Sílvia Marcondes. **Mundos da incerteza: a lógica fuzzy na**

- contemporaneidade. **Revista Mackenzie Educação, Arte e História da Cultura**, ano 3/4, n. 3/4, 2003/2004, p. 135-140.
- MATHER, Paul M. **Computer processing of remotely-sensed images : an introduction**. 3. ed. Chichester: New York: Wiley, 2004.
- MEDEIROS, José Simeão e CÂMARA, Gilberto. Geoprocessamento para projetos ambientais. In: CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu e MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira (Orgs.). **Introdução à ciência da geoinformação**. Livro on-line, disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>. Acesso em 04/07/2004.
- MEDEIROS, C. B.; PIRES, F. Bancos de dados e sistemas de informações geográficas. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistemas de Informações geográficas – aplicações na agricultura**. Brasília : Embrapa/SPI, 1998.
- MELFI, A.J.; MONTES, C.R. Solo e ambiente. In: MACHADO, Rômulo. **As Ciências da Terra e sua importância para a Humanidade: A contribuição brasileira para o Ano Internacional do Planeta Terra**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, Livros Textos, 2008.
- METZGER, Jean Paul. O que é ecologia de paisagens?. **Biota Neotropica**, vol. 1, números 1c2, 2001. Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v1n12/pt/abstract?thematic-review+BN00701122001>.
- MILLER Jr., G. T. **Ciência ambiental**. Tradução All Tasks. São Paulo: Cengage Learning, 2008.
- MIRANDA, E. E. de; FOTIUS, G. A ecoteca do trópico semi-árido. **Simpósio sobre caatinga e sua exploração racional (anais)**. Feira de Santana: UEFS, 1984.
- MORAES, A.C.R.. **Meio Ambiente e Ciências Humanas**. 2ª ed. São Paulo: Editora Hucitec, 1997.
- MUSTARD, John F. e SUNSHINE, Jessica M. Spectral Analysis for Earth Science: Investigations Using Remote Sensing Data. In: RENCZ, Andrew N (Org.). **Remote sensing for the Earth Sciences**. John Wiley & Sons, Inc: New York, 1999.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1989.
- NOVO, Evlyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1995.
- OLIVEIRA, J.G.B.de. Implicações ecológicas do manejo de pastagens nativas. **Simpósio sobre caatinga e sua exploração racional (anais)**. Feira de Santana: UEFS, 1984.

- OKIN, G.S.; ROBERTS, D.A. (2004), **Remote Sensing in Arid Regions: Challenges and Opportunities**. In USTIN, S.L. Remote Sensing for Natural Resource Management and Environmental Monitoring. Manual of Remote Sensing, Third Edition, Volume 4. Chapter 3, 111-145. p.
- PASSOS, E.; BIGARELLA, J.J.. Superfícies de erosão. In: **CUNHA, Sandra Baptista e GUERRA, Antonio José Teixeira (Orgs.). Geomorfologia do Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.**
- PAIM, Geovana Freitas. **Modelagem dinâmica da paisagem: o estudo de um pólo de fruticultura tropical na região semi-árida**. Feira de Santana: UEFS, 2008. (dissertação de mestrado).
- PEDROSA, Bianca Maria; CÂMARA, Gilberto. **Modelagem dinâmica: conceitos e exemplos de sistemas**. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/cursos/tutoriais/modelagem/cap1_conceitos.pdf. Acesso em 30/07/2008.
- PEGADO, C.M.A.; ANDRADE, L.A.de; FELIX, L.P.; PEREIRA, I.M. Efeitos da invasão biológica de algaroba: *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. sobre a composição e a estrutura do estrato arbustivo-arbóreo da caatinga no Município de Monteiro, PB, Brasil. **Acta Bot. Bras. [online]**. 2006, vol.20, n.4, pp. 887-898. ISSN 0102-3306. doi: 10.1590/S0102-33062006000400013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-33062006000400013&script=sci_arttext. Acesso em 06/04/2009.
- PEREIRA NETO, Oswaldo Coelho. **Técnicas de geoprocessamento aplicadas ao estudo da adequação do uso do solo em bacias hidrográficas**. São José dos Campos: INPE, 1994. (dissertação de mestrado)
- PETITINGA, L.A.B. A indústria baiana na década de 90. In: SEI (SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA). **Bahia 2000**. Salvador:SEI, 1999.
- PINTO, G.C.P.. Manejo ecológico da caatinga. **Simpósio sobre caatinga e sua exploração racional (anais)**. Feira de Santana: UEFS, 1984.
- RAYNAUT,C.; ZANONI, M.; LANA, P.da C.. O desenvolvimento sustentável regional: o que proteger? Quem desenvolver?. In: RAYNAUT, Claude (et. Al.). **Desenvolvimento e meio ambiente: em busca da interdisciplinaridade: pesquisas urbanas e rurais**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2002.
- REFOSCO, Julio César. Modelos dinâmicos espaciais e sua utilização na análise de mudança

- do uso do solo regional. In: ALMEIDA, C.M; CÂMARA,G.; MONTEIRO, A.M. **Geoinformação em urbanismo: cidade real x cidade virtual**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- RIBEIRO, C. M. A variabilidade do clima: um fenômeno natural?. **Cad. Geogr.**, Belo Horizonte, v.6. n. 8, p.71-77, dez, 1996.
- RIOS, I.N.A. **Nossa Senhora da Conceição do Coité: poder e política no século XIX**. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2003. (dissertação de mestrado). Disponível em: http://www.ppgh.ufba.br/IMG/pdf/Nossa_Sra_da_Conceicao_do_Coite.pdf
- RODRIGUES, Lucimar Moreira Ribeiro. **Geoprocessamento aplicado ao estudo da evolução e adequação do uso agrícola das terras na microbacia do córrego Lamarão, DF**. Brasília: Instituto de Geociências da UnB, 1998. (Dissertação de mestrado).
- ROSSATO, MAÍRA SUERTEGARAY e MARTINS, RAFAEL LACERDA. Geoprocessamento da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba. **Anais X SBSR**, Foz do Iguaçu, 21-26 abril 2001, INPE, p. 971-974, Sessão Pôster. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/lise/2001/09.19.12.54/doc/0971.974.085.pdf>. Acesso em 22/05/2006
- SÁ, Iêdo Bezerra. **Aplicação da abordagem multiestágio em sensoriamento remoto para mapeamento da vegetação de caatinga: estudo de caso, Petrolina, PE**. São José dos Campos: INPE, 1991. (dissertação de mestrado)
- SÁ, I.B.; RICHÉ, G.R.; FOTIUS, G.A. As paisagens e o processo de degradação do semi-árido nordestino. In: SILVA, J.M.C. da; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, L. V. (Orgs.). **Biodiversidade da caatinga: áreas prioritárias para a conservação**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: Universidade Federal de Pernambuco, 2004.
- SABINS, Floyd F. **Remote sensing: principles and interpretation**. 3.ed New York: W.H. Freeman, 2007.
- SANDRI, Sandra; CORREA, Cláudio. **Lógica Nebulosa**. V Escola de Redes Neurais, Promoção: Conselho Nacional de Redes Neurais. pp. c073-c090, - ITA, São José dos Campos – SP, 19 de julho, 1999
- SANTANA, M. O. (Org.). **Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil**. Brasília: MMA, 2007.
- SANTOS, Edinusia Moreira. **Associativismo e territorialidade na região sisaleira da Bahia: relações com o desenvolvimento**. Sergipe:UFS, 2007. (Tese de doutorado)
- SANTOS, Milton. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. 4º ed., São Paulo,

- Edusp, 2006.
- SANTOS, Milton. **Por uma outra globalização: do pensamento único à consciência universal**. 9ªed. Rio de Janeiro: Record, 2002.
- SEI (SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA). **Bahia 2000**. Salvador: SEI, 1999.
- SEI (Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia). **Evolução territorial e administrativa do Estado Bahia: um breve histórico**. Salvador: SEI, 2001.
- SILVA, A. de B. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: Conceitos e Fundamentos**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2003.
- SILVA, J.M.C.da; TABARELLI, M.; FONSECA, M.T.; LINS, L.V. (Orgs.). **Biodiversidade da caatinga: áreas prioritárias para a conservação**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: Universidade Federal de Pernambuco, 2004.
- SILVA, O.A. da; **Mapeamento do uso do solo no médio curso da bacia do rio Jacuípe utilizando geotecnologia**. Feira de Santana: UEFS, 2006. (monografia de especialização).
- SILVA, O.A.da; CHAVES, J.M.. **Mapeamento do uso do solo no médio curso da bacia do rio Jacuípe utilizando geotecnologia**. XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada (Viçosa – MG). 2009. Disponível em: http://www.geo.ufv.br/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo1/065.pdf.
- SILVA, R.M.da; MAIA, M.P.. Gestão ambiental no Estado da Bahia e o uso de geotecnologias. In: CHAVES, J.M. e ROCHA, W. de J.S. da F. **Geotecnologias: trilhando novos caminhos nas geociências**. Salvador : SBC, 2006.
- SOUSA, C.L.de. **Avaliação da pressão antrópica sobre a cobertura vegetal nos municípios de Cedro e Solidão (sertão pernambucano) com o uso de imagens TM Landsat e Sistemas de Informações Geográficas**. São José dos Campos: INPE, 2003.
- SOUZA, S.S.de. **Impactos climáticos regionais da mudança de vegetação no semi-árido do nordeste brasileiro**. São José dos Campos: INPE, 2006. (Tese de doutorado).
- SOUZA FILHO, Carlos Roberto e CRÓSTA, Álvaro P. Geotecnologias aplicadas à geologia. **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo: SBG. Volume 33, N°2, 2003, 1-4 p.
- SRH (Secretaria de Recursos Hídricos). 2003. SIG – **Sistema de Informações Georreferenciadas**. Secretaria de Recursos Hídricos. Governo do Estado da Bahia. Volume 1. Cd-rom.

- STRAHLER, A. N; STRAHLER, A.H. **Geografia física**. 3. ed Barcelona: Omega, 1989.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977.
- TRICART, J.. **A terra: planeta vivo**. São Paulo: Martins Fontes, S/D. 1978.
- USTIN, S.L.; SMITH, M.O.; JACQUEMOUD, S.; VERSTRAETE, M.; GOVAERTS, Y.
Geobotany: Vegetation Mapping for Earth Sciences. In: RENCZ, Andrew N (Org.).
Remote sensing for the Earth Sciences. John Wiley & Sons, Inc: New York, 1999.
- VALERIANO, Márcio de Morisson. Dados topográficos. In: FLORENZANO, Tereza Galotti (org.). Geomorfologia: conceitos e e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- VENTURI, L. A. B. **Praticando a Geografia: técnicas de campo**. São Paulo: Oficina de textos, 2005.
- VIANA, João Aurélio Soares. Protocolos: uma nova abordagem de política agrícola para dinamizar o agronegócio baiano. In: BAHIA.Secretaria da Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária. **Bahia: cenários de uma agricultura**. Salvador: SPA/SEAGRI, 2001.